

6. Построения эпюр внутренних усилий для рам

Машиностроительные и строительные конструкции в виде рам находят широкое применение в различных конструкциях тракторов, автомобилей, авиации, судостроении и каркасных зданиях, которые чаще всего служат помещениями для различных сельскохозяйственных и промышленных цехов, построек и сооружений.

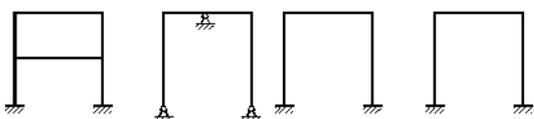


Рис. 5.30

Как правило, для этих целей применяют статически неопределимые рамы, примеры расчетных схем которых, приведены на рисунке (Рис. 5.30).

Все рамы состоят из двух основных конструктивных элементов— *колонн* и *ригелей*. Колонной называют *вертикальный* стержень рамы, а ригелем— *горизонтальный*.

Однако в процессе расчета статически неопределимых рам, который будет рассмотрен далее в отдельной главе, один из его этапов заключается в построении эпюр внутренних усилий для так называемой эквивалентной системы, которая является статически определимой рамой.

В колоннах и ригелях рам возникают три вида внутренних усилий: нормальные и поперечные силы и изгибающие моменты. При построении эпюр нормальных усилий пользуются правилами, *приведенными в главе 1*. Разница же в построении эпюр Q и M для балок и рам заключается лишь в том, что при определении знака поперечной силы и изгибающего момента на колонны и ригели смотрят *изнутри* рамы.

Рассмотрим пример расчета конкретной рамы (Рис. 5.31).

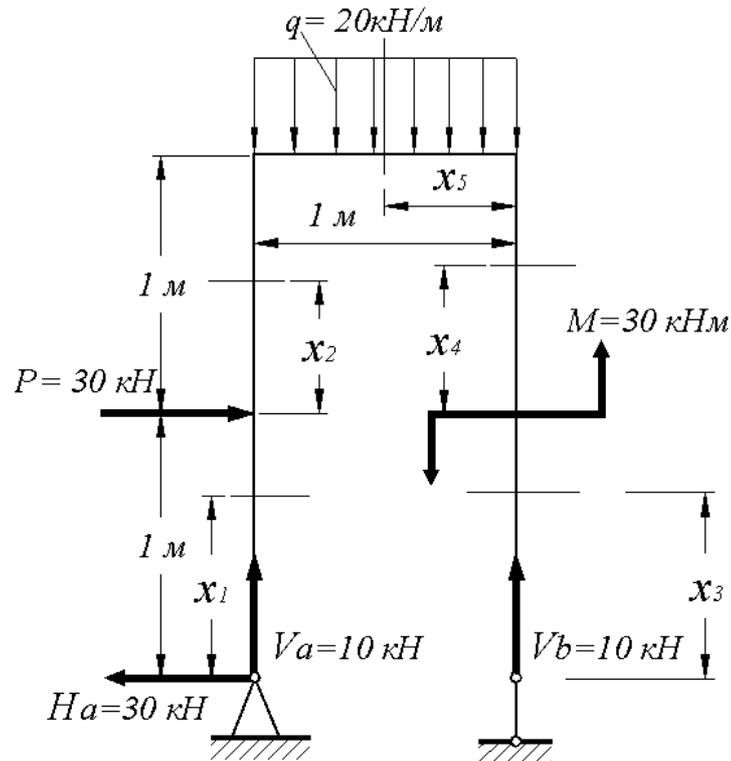


Рис. 5.31

1. Определяем величину опорных реакций.

$$\Sigma M_a = 0 = V_b \cdot 1 + M - q \cdot 1 \cdot 0,5 - P \cdot 1; V_b = (-30 + 10 + 30)/1 = 10 \text{ кН};$$

$$\Sigma Y = 0 = V_a + V_b - q \cdot 1; V_a = 20 - 10 = 10 \text{ кН};$$

$$\Sigma X = 0 = P - H_a; H_a = P = 30 \text{ кН}.$$

2. Разбиваем раму на силовые участки, которых всего будет пять. На каждом участке проводим сечение, не забывая о том, что по одну сторону от сечения должно оставаться как можно меньше внешних сил.

3. Строим эпюры Q, M и N.

3.1. Первый участок (Рис. 5.32, а).

$$Q_1 = H_a = 30 \text{ кН}; M_1 = H_a x_1; 0 \leq x_1 \leq 1 \text{ м};$$

$$M_1 \text{ (при } x_1 = 0) = 0; M_1 \text{ (при } x_1 = 1 \text{ м)} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ кНм}.$$

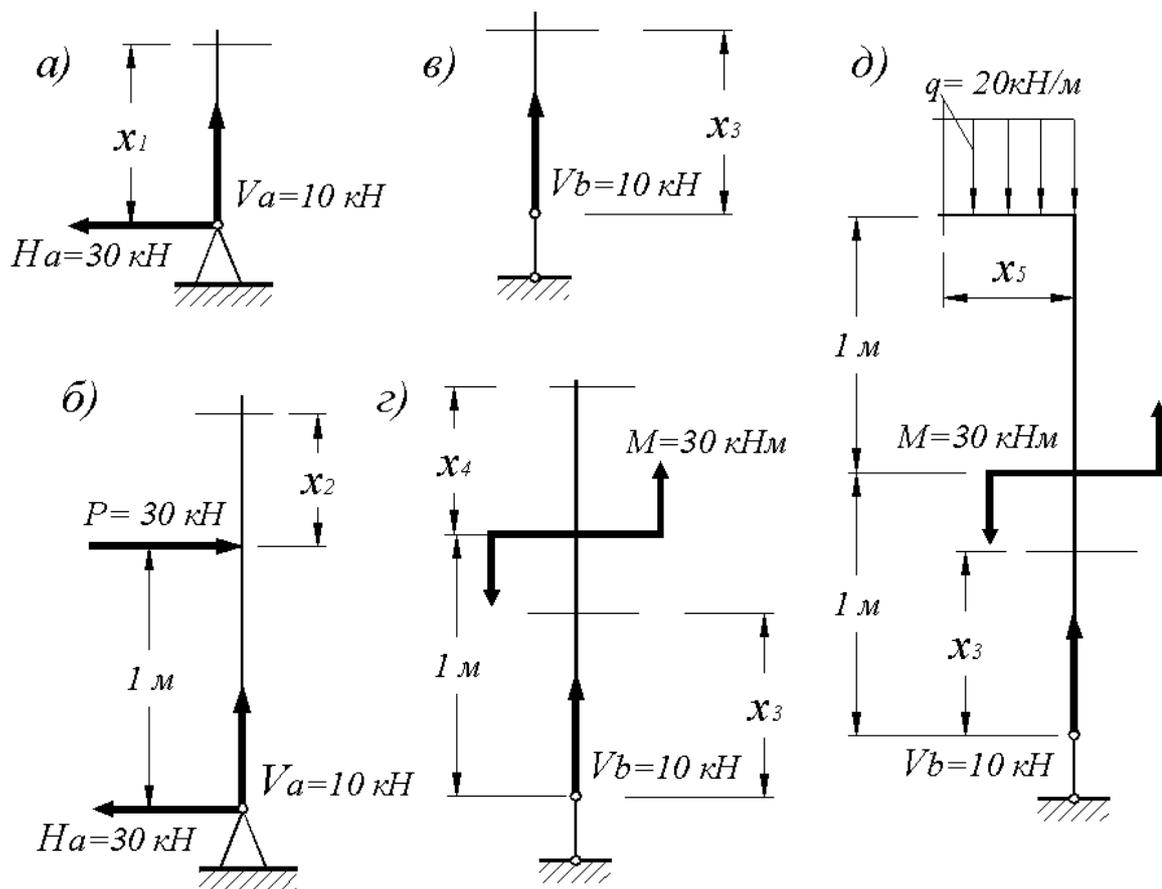


Рис. 5.32

Эпюра Q на первом участке ограничена прямой, параллельной левой колонне, а эпюра M наклонной прямой. $N_1 = -V_a = -10$ кН.

3.2. Второй участок (Рис. 5.32, б).

$$Q_2 = H_a - P = 30 - 30 = 0;$$

$$M_2 = H_a(1 + x_2) - Px_2; 0 \leq x_2 \leq 1 \text{ м};$$

$$M_2 \text{ (при } x_2 = 0) = 30 \cdot 1 = 30 \text{ кНм};$$

$$M_2 \text{ (при } x_2 = 1 \text{ м)} = 30 \cdot 2 - 30 \cdot 1 = 30 \text{ кНм}.$$

Эпюра поперечных сил на втором участке отсутствует, а эпюра изгибающих моментов ограничена прямой, параллельной левой колонне. $N_2 = -V_a = -10$ кН.

3.3. Третий участок (Рис. 5.32, в).

$Q_3 = 0$; $M_3 = 0$, то есть эпюры Q и M на третьем участке отсутствуют. $N_3 = -V_b = -10$ кН.

3.4. Четвертый участок (Рис. 5.32, г).

$$Q_4 = 0; M_4 = M = 30 \text{ кНм.}$$

Эпюра Q на четвертом участке отсутствует, а эпюра M ограничена прямой, параллельной правой колонне. $N_4 = -V_b = -10 \text{ кН}$.

3.5. Пятый участок (Рис. 5.32, д).

$$Q_5 = -V_b + qx_5; 0 \leq x_2 \leq 1 \text{ м;}$$

$$Q_5 \text{ (при } x_5 = 0) = -V_b = -10 \text{ кН;}$$

$$Q_5 \text{ (при } x_5 = 1 \text{ м)} = -10 + 20 = 10 \text{ кН;}$$

Определяем x_0 : $-V_b + qx_0 = 0$, тогда $x_0 = V_b/q = 10/20 = 0,5 \text{ м}$.

$$M_5 = V_b x_5 - qx_5^2/2 + M; 0 \leq x_5 \leq 1 \text{ м;}$$

$$M_5 \text{ (при } x_5 = 0) = M = 30 \text{ кНм;}$$

$$M_5 \text{ (при } x_5 = 0,5 \text{ м)} = 10 \cdot 0,5 - 20 \cdot (0,25/2) + 30 = 32,5 \text{ кНм;}$$

$$M_5 \text{ (при } x_5 = 1 \text{ м)} = 10 \cdot 1 - 20 \cdot (1/2) + 30 = 30 \text{ кНм.}$$

На пятом участке эпюра Q будет ограничена наклонной прямой, а эпюра M – параболой с M_{\max} в точке пересечения эпюры Q с осью ригеля. $N_5 = 0$.

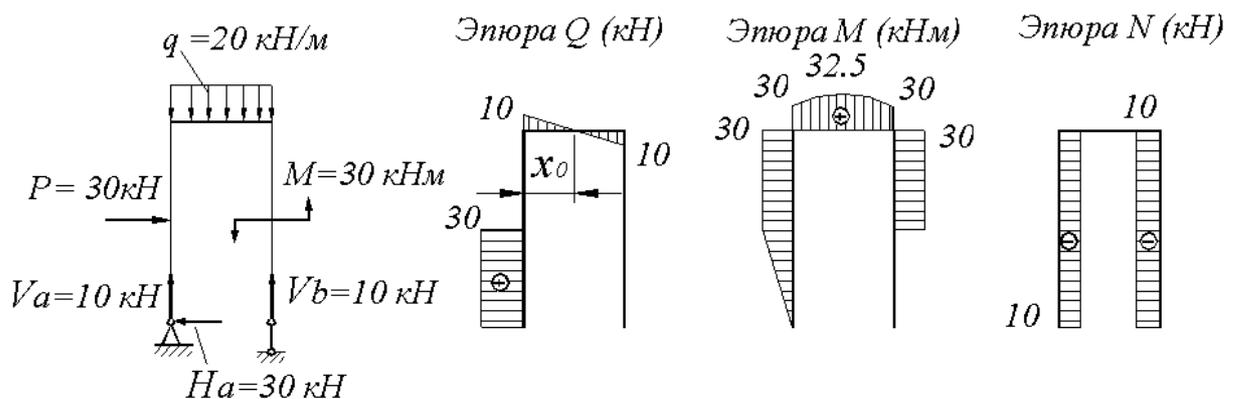


Рис. 5.33

4. По полученным данным строим эпюры поперечных и нормальных сил и изгибающих моментов (Рис. 5.33).