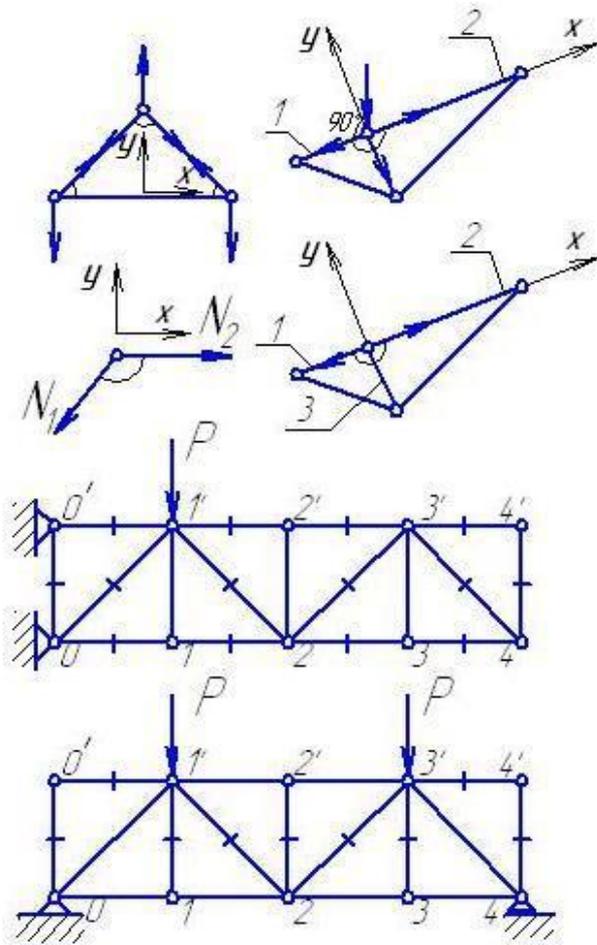


## Определение усилий стержней фермы аналитическим методом

Усилия стержней фермы определяются по правилу РОЗУ: разрез фермы; отбрасывание одной части; замена стержней силами; условия равновесия отрезанной части.



Разрезы производят методами вырезания узла и рассечения фермы. В месте разреза к стержням прикладывают неизвестные силы и направляют стрелки от сечений. Растягивающие усилия считают положительными.

Допустим, что после решения уравнений статики искомое неизвестное усилие имеет отрицательный знак. Это указывает на то, что знак усилия первоначально был выбран неправильно. Стержень оказывается не растянутым, а сжатым.

Рис. **Error! No text of specified style in document..1** Пример определения усилий в стержнях фермы методом вырезания узлов

Определение усилий в стержнях ферм методом вырезания узлов удобно в следующих случаях:

- 1) в узле сходятся два стержня (Рис. **Error! No text of specified style in document..1** а), при этом усилия находят из уравнений  $\sum X=0$ ,  $\sum Y=0$ .
- 2) в узле сходятся три стержня, два из них являются продолжением один другого (Рис. **Error! No text of specified style in document..1** б), усилие в

третьем стержне определяют проектированием всех сил на направление, перпендикулярное  $x$ ;

3) в узле сходятся несколько стержней, при этом все усилия, кроме двух, уже найдены какими-либо другими приемами.

Если в узле сходятся два стержня и отсутствуют внешние нагрузки, то усилия в обоих стержнях равны нулю. Спроецируем все силы на вертикаль,  $\Sigma Y=0$  откуда  $N_1=0$  (Рис. Error! No text of specified style in document..1 в), из условия  $\Sigma X=0$  следует, что  $N_2=0$ .

Если в узле сходятся три стержня при условии, что два являются продолжением один другого (Рис. Error! No text of specified style in document..1 г) и в узле отсутствует внешняя нагрузка, то усилие в третьем стержне равно 0. Проецируем силы на направление  $y$ , перпендикулярное стержням 1 и 2,  $\Sigma Y=0$ .

Убеждаемся в правильности того, что продольное усилие в третьем стержне  $N_3=0$ .

Легко показать, что в системе, изображенной на Рис. Error! No text of specified style in document..1 д, усилия во всех стержнях, кроме  $0'1'$  и  $01'$ , равны нулю, рассмотрите равновесие узлов  $4'$ ,  $4$ ,  $3$ ,  $3'$  и т. д., а в системе на Рис. Error! No text of specified style in document..1, е усилия в стержнях  $00'$ ,  $11'$ ,  $22'$ ,  $33'$ ,  $44'$ ,  $0'1'$ ,  $3'4'$ ,  $1'2$ ,  $23'$  равны нулю при заданных условиях нагружения.

При определении усилий в стержнях фермы методом ее рассечения (Рис. Error! No text of specified style in document..2 а) необходимо составить уравнения равновесия в виде  $\Sigma M_1=0$ ;  $\Sigma M_2 = 0$ ;  $\Sigma M_g=0$ .

где 1, 2 и  $g$ — моментные точки.

Точки называют моментными, если они определяются пересечением двух из перерезанных стержней фермы.

Моментная точка 1' лежит на пересечении стержней  $1' 2'$  и  $1'2$ ; точка 2 — на пересечении  $1'2$  и  $12$ ; точка  $g$ — на пересечении  $12$  и  $1'2'$ .

Если рассматриваемые разрезанные стержни параллельны, например стержень  $01$  и  $0'1'$  (Рис. Error! No text of specified style in document..2, б), то моментная точка  $g$  перемещается в бесконечность. При этом статические

уравнения равновесия следует написать в форме

$$\sum M_0 = 0; \sum M_1 = 0; \sum Y = 0.$$

Каждое уравнение содержит одно неизвестное, так как остальные неизвестные усилия образуют относительно моментной точки моменты, равные нулю.

Определим усилия в стержнях фермы (Рис. Error! No text of specified style in document..2, в) с параллельными поясами.

Вследствие симметрии фермы и нагрузки опорные реакции равны между собой:

$$A = B = 3,5 \cdot P \quad (1.1)$$

Разрезаем третью панель фермы (разрез В – В).

Пишем условие равновесия отрезанной левой части фермы, нагруженной реакцией А, силами Р и усилиями стержней 2'3', 23 и 23' в виде  $\sum M_{3'} = 0$ :

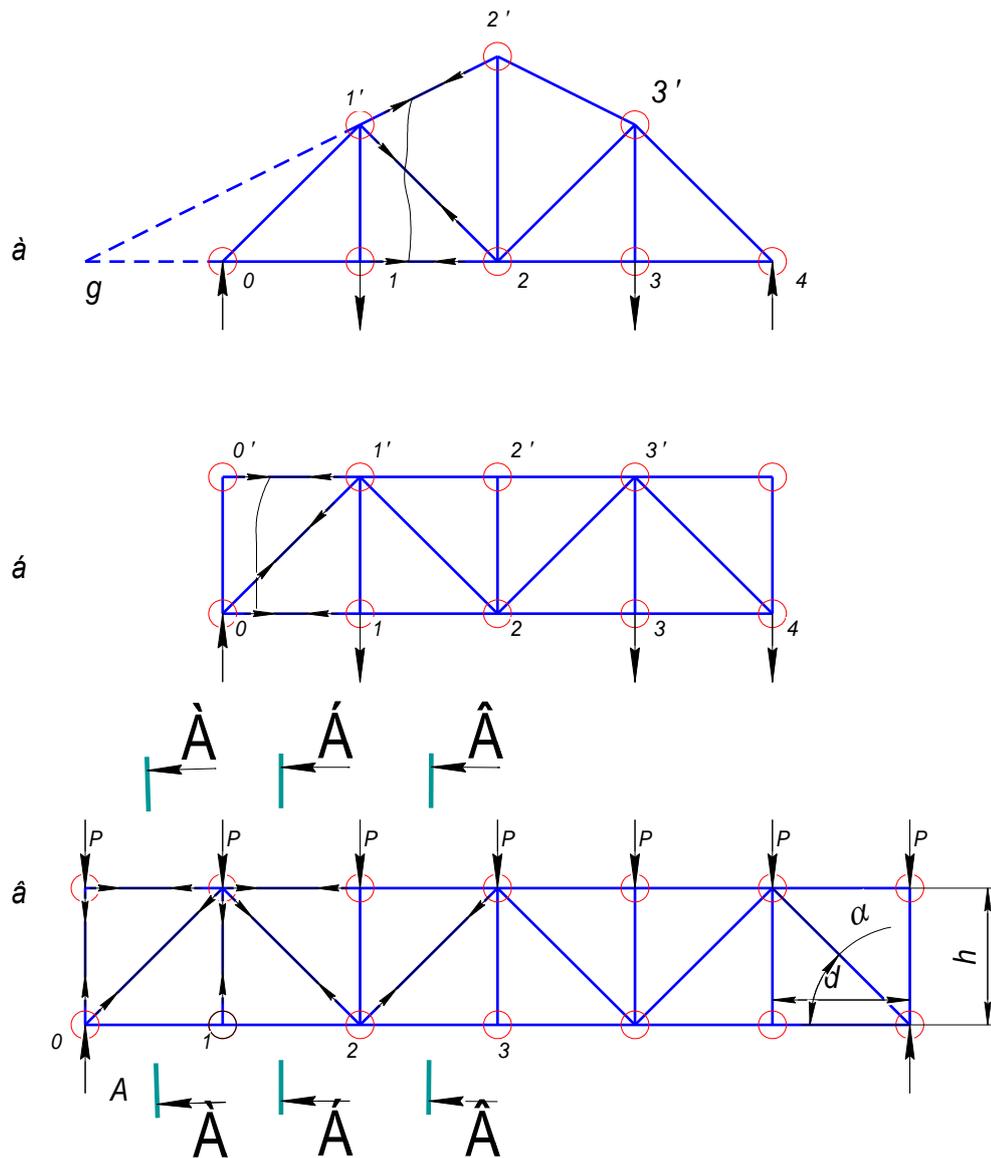


Рис. **Error! No text of specified style in document..2** Определение усилий в стержнях фермы:

а – ферма с непараллельными поясами; б, в - ферма с параллельными поясами

$$3,5P \cdot 3d - P \cdot 3d - P \cdot 2d - P \cdot d - 23h = 0 \quad (1.2)$$

откуда

$$23 = \frac{M_{3'}}{h} = \frac{4,5P \cdot d}{h} \quad (1.3)$$

где  $M_{3'}$  — момент сил, расположенных слева от разреза, относительно точки 3' при учете фермы как сплошной балочной системы.

Напишем условие  $\sum M_2 = 0$ :

$$3,5P \cdot 2d - P \cdot 2d - P \cdot d + 2'3' \cdot h = 0; \quad (1.4)$$

$$2'3' = -\frac{M_2}{h} = -\frac{4P \cdot d}{h}. \quad (1.5)$$

где  $M_2$  — момент сил, находящихся слева от разреза относительно точки 2.

Напишем условие  $\sum Y = 0$ :

$$3,5P - P - P - P + 23' \sin \alpha = 0 \quad (1.6)$$

$$23' = \frac{Q_{III}}{\sin \alpha} = \frac{0,5P}{\sin \alpha} \quad (1.7)$$

где  $Q_{III}$  — поперечная сила от сил, расположенных слева от разреза при рассмотрении фермы как сплошной балочной системы.

Производим подобные разрезы по второй и первой панелям.

Подобным же образом находим усилия в остальных стержнях поясов и раскосов.

Усилия в стойках находим методом вырезания узлов.

Вырезаем узел 0'. Тогда

$$\sum Y = -0'0 - P = 0 \quad (1.8)$$

Откуда  $0'0 = -P$

Вырезаем узел 1. В этом узле нет сил, поэтому из условия  $\sum Y = 0$  находим  $11' = 0$ .

Вырезаем узел 2'. При этом имеем

$$\sum Y = -2Z' - P = 0. \quad (1.9)$$

Откуда  $2Z' = -P$

Легко показать, что распределение усилий в стержнях поясов сквозных ферм с параллельными поясами подобно распределению изгибающих моментов в балочных сплошных конструкциях. Нижние пояса растянуты, верхние сжаты при нагрузках, изображенных на рис. 8.3, в. Усилия в стержнях поясов возрастают от опор к середине пролета.

Распределение усилий в раскосах сквозных ферм с параллельными поясами подобно распределению поперечной силы в балочной сплошной конструкции. Усилия в раскосах имеют наименьшую величину в середине пролета. Усилия возрастают от середины пролета фермы к ее опорам.