

## Фермы. Конструкция и статическая работа

*Ферма* - такая стержневая система, которая сохраняет геометрическую неизменяемость в случае если во всех местах соединения ее стержней (*узлах фермы*) врезать шарниры (рис.1). Стержни, представляющие собой верхнюю часть контура фермы, называют *верхним поясом фермы*, нижнюю часть - *нижним поясом фермы*. Расстояние между двумя соседними узлами любого из поясов фермы называется *панелью фермы*. Вертикальные стержни в ферме называют *стойками*, наклонные - *раскосами*. Совокупность раскосов и стоек образует *решётку фермы*.

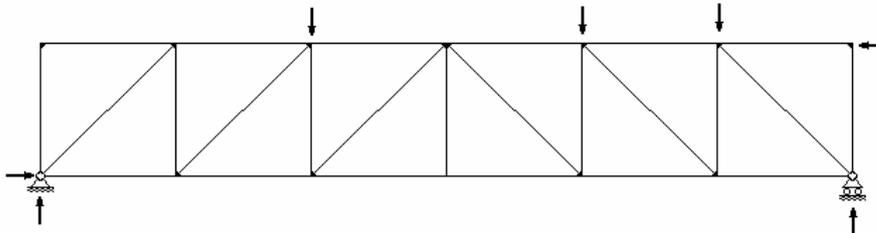


Рис.1

Известно, что при изгибе балки, перекрывающей пролёт, нормальные напряжения в ней достигают максимальных значений в верхних и нижних точках сечения. Это приводит к необходимости сосредотачивать большую часть материала в наиболее напряженных зонах, что достигается применением балок двутаврового поперечного сечения (рис.2). С ростом пролета и нагрузок высота сечения конструкции увеличивается, и стенку двутавра облегчают отверстиями (рис.3), а с дальнейшим ростом пролётов и нагрузок – заменяют системой стержней - решёткой (рис.4), в результате чего и образуется ферма.

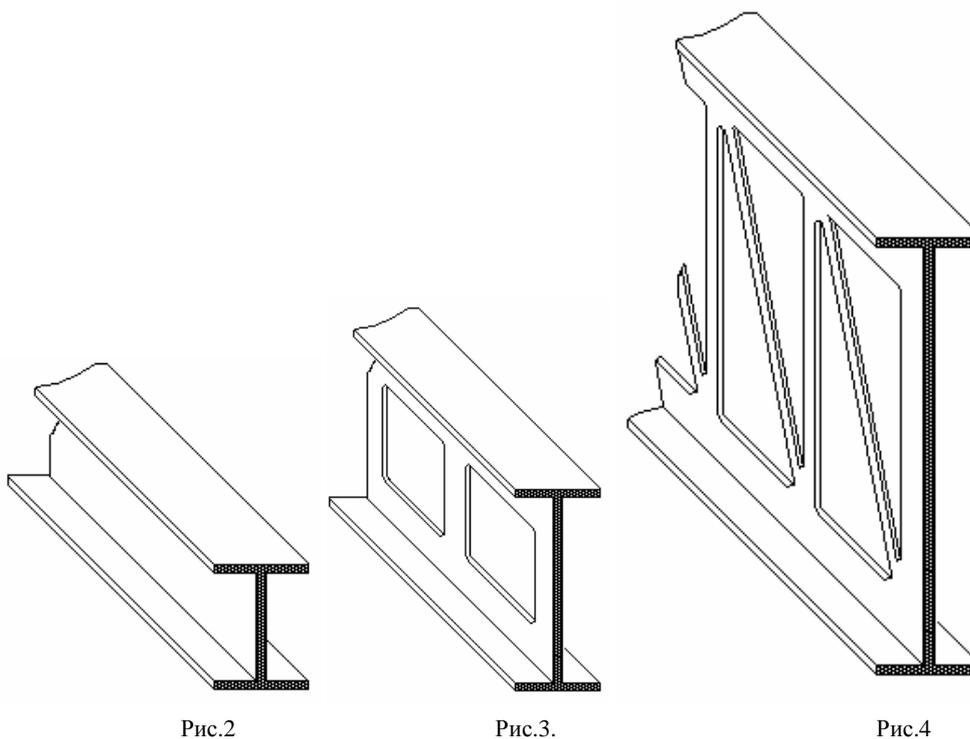


Рис.2

Рис.3.

Рис.4

Как и в балке, в ферме, перекрывающей пролёт и находящейся под действием нагрузки, направленной вниз, нижний пояс растянут, а верхний – сжат.

Узлы фермы, как правило, конструктивно выполняются жесткими. Однако, как показал опыт расчетов, изгибающие моменты в стержнях ферм при условии, что нагрузка приложена только в узлах, как правило, малы по сравнению с продольными усилиями. Исключение составляет случай, когда стержни ферм сильно отличаются жесткостями (рис.5).

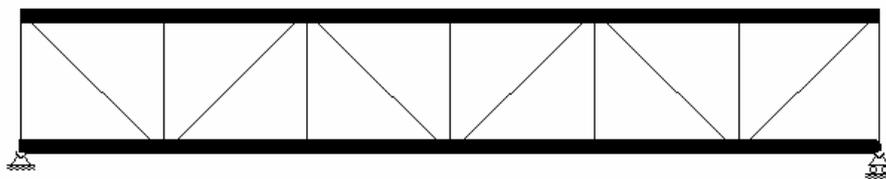


Рис.5

В результате, усилия, полученные расчётом по шарнирной схеме (когда во все узлы врезаны шарниры) и схеме с жёсткими узлами оказываются близкими. Поскольку шарнирная схема гораздо проще, её имеет смысл использовать для расчёта ферм при условии, что нагрузка передаётся в узлах, а стержни ферм близки по жёсткости (рис.6).

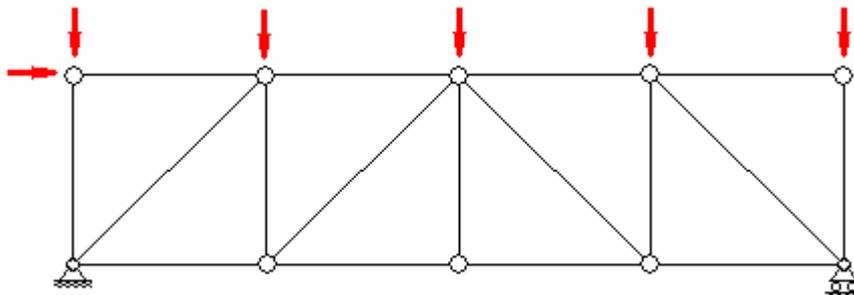


Рис.6

Вырежем из шарнирной схемы фермы любой стержень (рис.7). Поскольку стержень шарнирно присоединён к остальной части системы и нагрузки непосредственно к стержню не приложены, к нему применима теорема о двух силах. Согласно её, усилия, действующие на стержень со стороны узлов, должны лежать на одной прямой (рис.7). В результате стержень оказывается сжат или растянут. Поскольку стержень прямой, изгибающие моменты в нём отсутствуют.

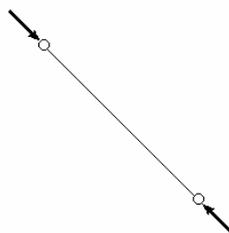


Рис.7

Отсутствие (малость) изгибающих моментов в стержнях ферм является их важнейшим преимуществом, поскольку это приводит к уменьшению напряжений в стержнях и, соответственно, возможности экономного использования материала, а значит и уменьшения нагрузок от собственного веса фермы. В связи с этим при конструировании фермы важно обеспечить узловую передачу нагрузок на неё, что достигается использованием вспомогательных конструкций, например, настилов по системе вспомогательных балок (рис.8) или плит (рис.9).

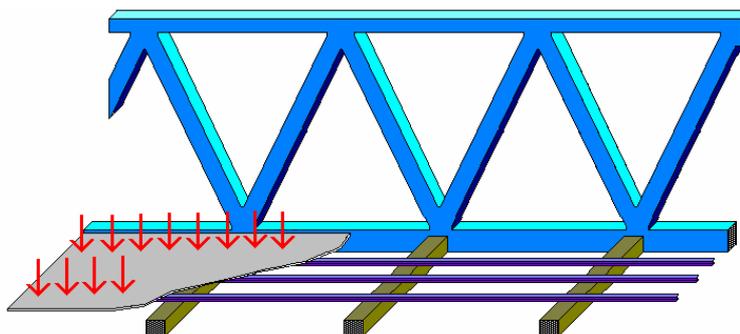


Рис.8

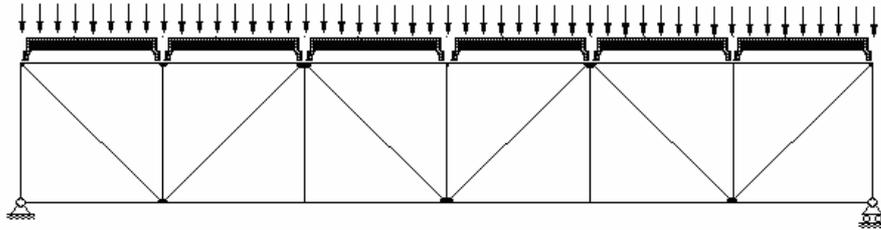


Рис.9

Чем чаще расположены узлы фермы, на которые осуществляется передача нагрузки, тем меньшей жёсткостью должны обладать вспомогательные конструкции (их пролёты будут меньше). В результате уменьшится расход материала на вспомогательные конструкции и нагрузка на ферму от собственного веса вспомогательных конструкций. Для увеличения числа узлов в поясе фермы, на который передаётся нагрузка, часто вводят дополнительные стержни или *шпренгели* (рис.10). Из сопоставления систем, изображённых на рис.9 и 10, видно, что наличие шпренгелей позволяет облегчить плиты, опирающиеся на ферму, так как их пролёт оказывается вдвое меньше.

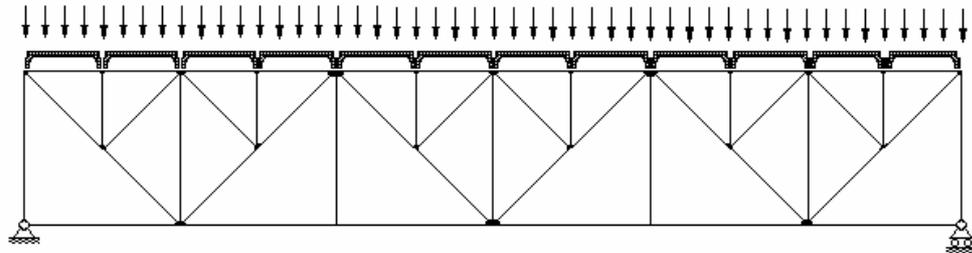


Рис.10

Ещё одно назначение шпренгелей заключается в уменьшении свободной длины стержней сжатого пояса фермы, что позволяет обеспечить их устойчивость при существенно меньшем расходе материала. На рис.11 сопоставлены формы потери устойчивости одного стержня сжатого (верхнего) пояса фермы со шпренгелями и без них. Очевидно, при наличии шпренгелей свободная длина стержня  $L_0$  вдвое меньше, а значит, в соответствии с известной из курса сопротивления материалов формулой Эйлера  $F_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_0^2}$ , усилие, которое стержень одного и того же сечения может воспринять с точки зрения обеспечения устойчивости, при наличии шпренгелей будет вчетверо больше.

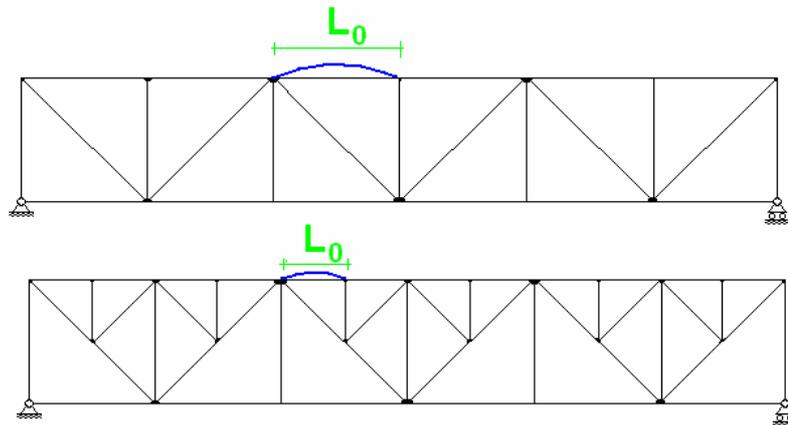


Рис.11