

Стержневая система

конструкция,
состоящая из элементов,
имеющих форму
бруса

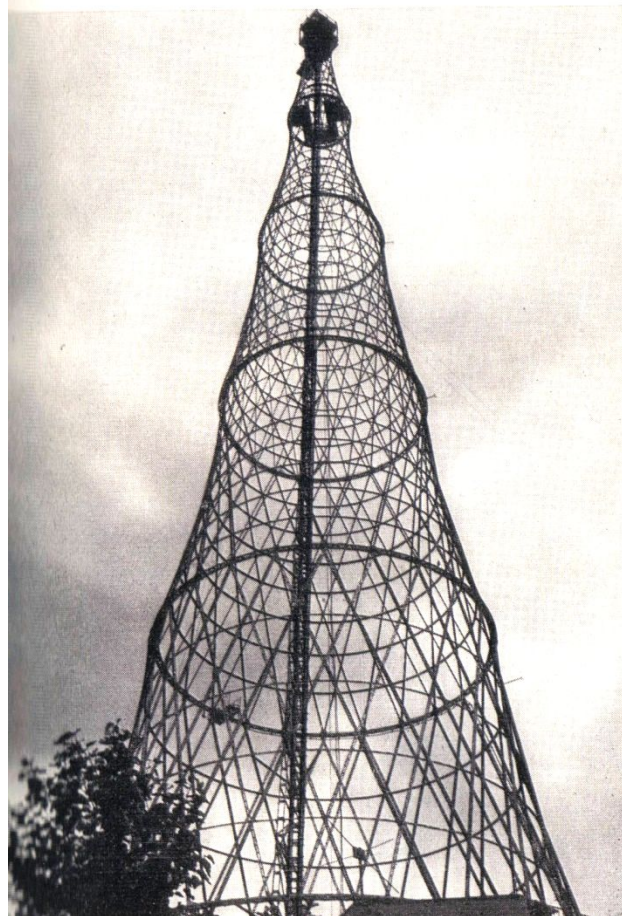
Владимир Григорьевич

ШУХОВ

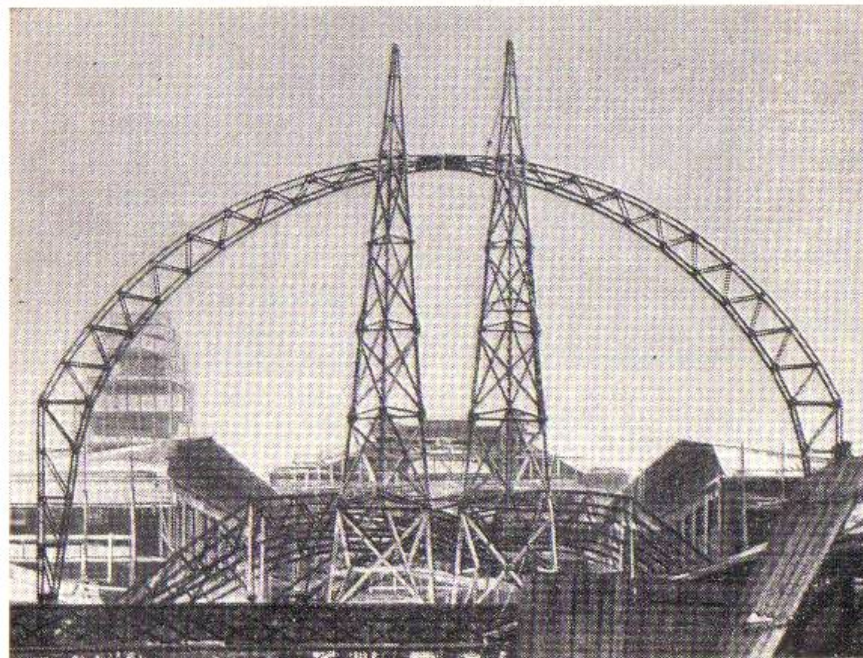
(1853-1939)



Шаболовская радиобашня

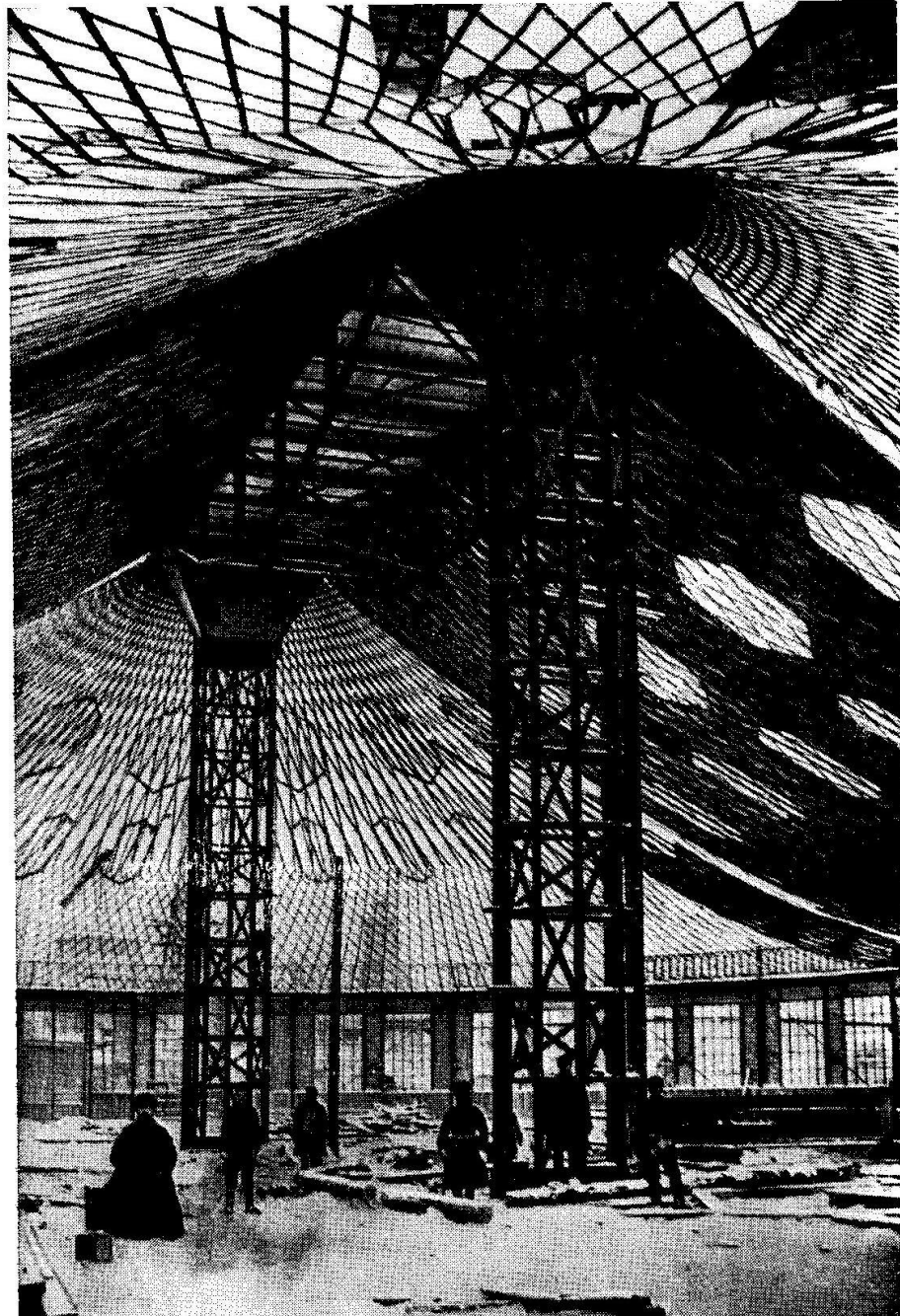


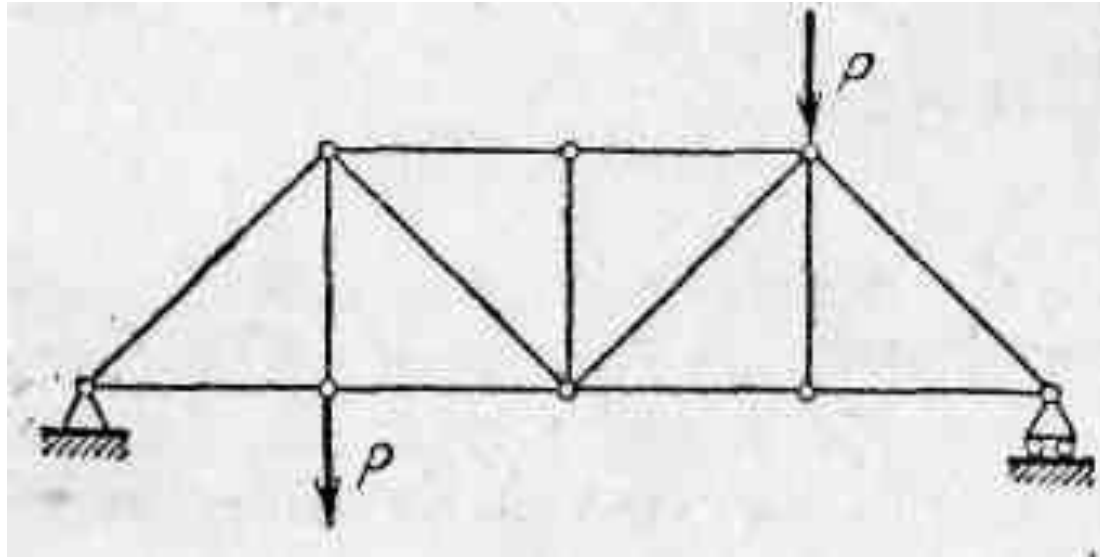
Дебаркадер Киевского вокзала



Шуховские покрытия над ГУМом в наши дни







- **Ферма** - стержневая система, элементы которой работают в основном на растяжение или сжатие
- **Ферма** состоит из прямых стержней, образующих треугольники.
- Для фермы характерно приложение внешних сил в узлах

Рама -

стержневая система,
элементы которой работают
в основном на изгиб или
кручение

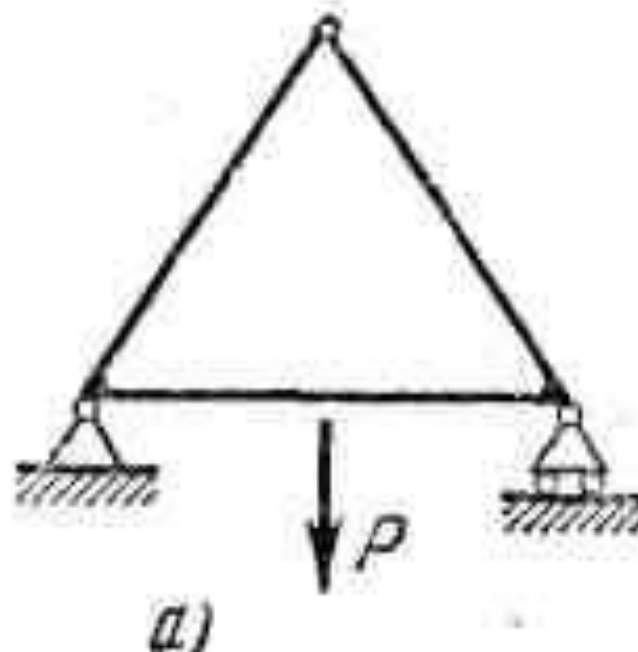
Плоские системы

-наиболее простые для исследования стержневые системы

У плоской рамы или фермы

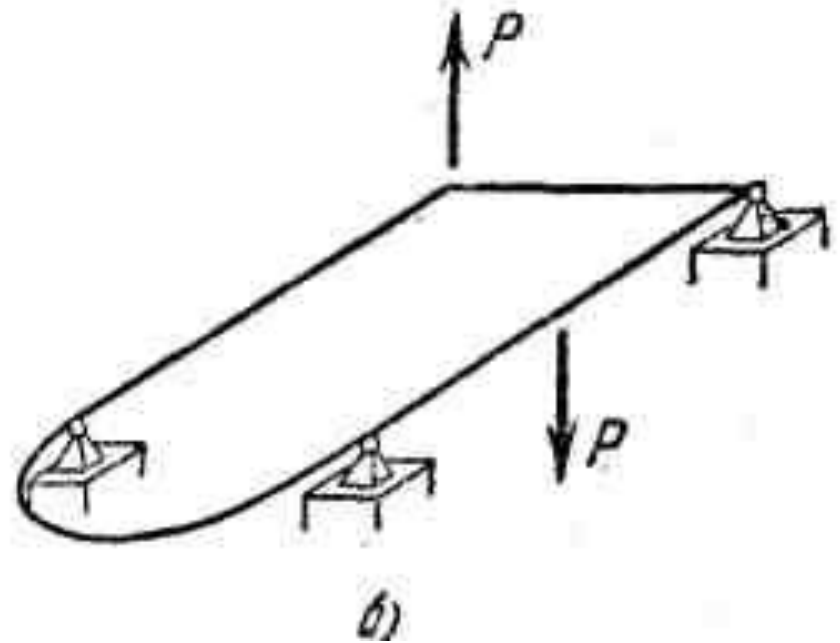
оси всех составляющих элементов до и после деформации расположены в одной плоскости.

В этой же плоскости действуют все внешние силы, включая и реакции опор



Плоско-пространственные СИСТЕМЫ

Оси составляющих элементов в недеформированном состоянии располагаются, как и для плоских систем, в одной плоскости. Внешние же силовые факторы действуют в плоскостях, перпендикулярных к этой плоскости

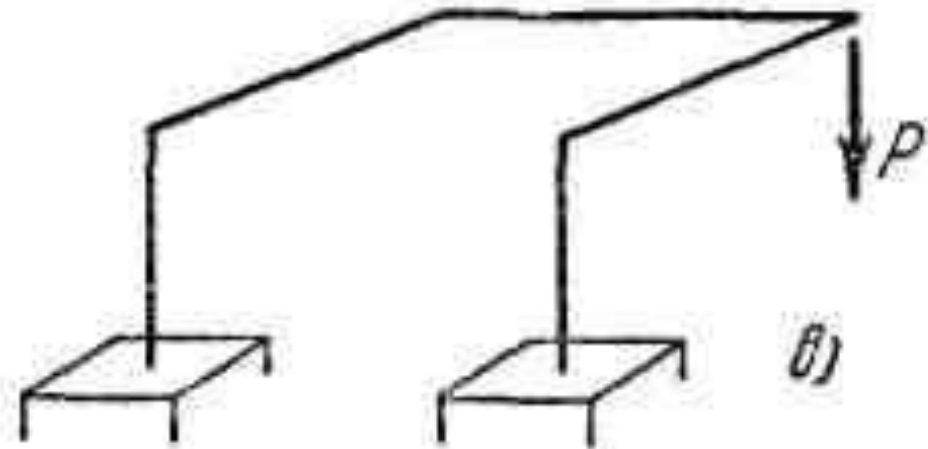


Пространственные стержневые СИСТЕМЫ

Оси составляющих
элементов в
недеформированном
состоянии
располагаются

не

в одной плоскости



**Расчет
плоских
статически определимых
ферм**

УСЛОВИЕ ЖЁСТКОСТИ ФЕРМЫ

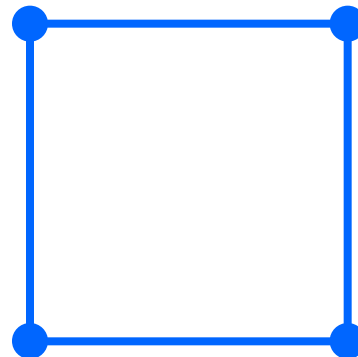
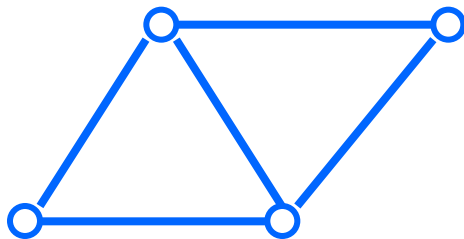
Найдём минимальное число N стержней, необходимое для образования жёсткой конструкции, имеющей n узлов. Простейшая жёсткая конструкция имеет **три узла** и три **стержня**. Для присоединения каждого из оставшихся $n - 3$ узлов необходимы два стержня.

Таким образом, получаем:

$$N = 3 + 2(n - 3) = 2n - 3.$$

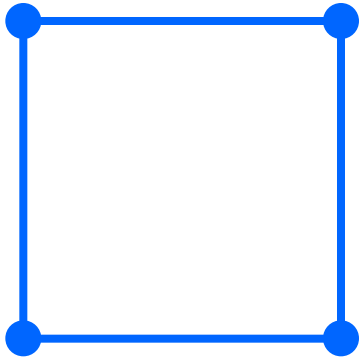
Если $N < 2n - 3$, конструкция не будет жёсткой.

Рассмотрим конструкцию



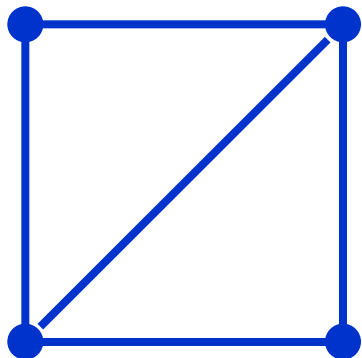
$$N = 4; \quad n = 4, \\ \text{следовательно,} \\ N = 4 < 2n - 3 = 5.$$

УСЛОВИЕ ЖЁСТКОСТИ ФЕРМЫ

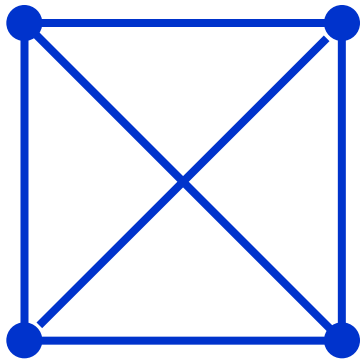


Если $N < 2n - 3$, конструкция не будет жёсткой.

Такая конструкция не является фермой – это **механизм**



Как следует из формулы $N = 2n - 3$, для обеспечения жёсткости конструкции необходимо при том же количестве узлов установить **ещё один стержень**.



Если $N > 2n - 3$, конструкция будет жёсткой, но число неизвестных будет больше числа уравнений равновесия, в которые эти неизвестные входят.

$$N = 6 > 2n - 3 = 5.$$

Конструкция будет жёсткой, но наличие «лишнего» стержня будет иметь некоторые последствия.

УСЛОВИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ОПРЕДЕЛИМОСТИ ФЕРМЫ

Ферма называется статически определимой, если **число неизвестных равно числу уравнений равновесия**, в которые эти неизвестные входят.

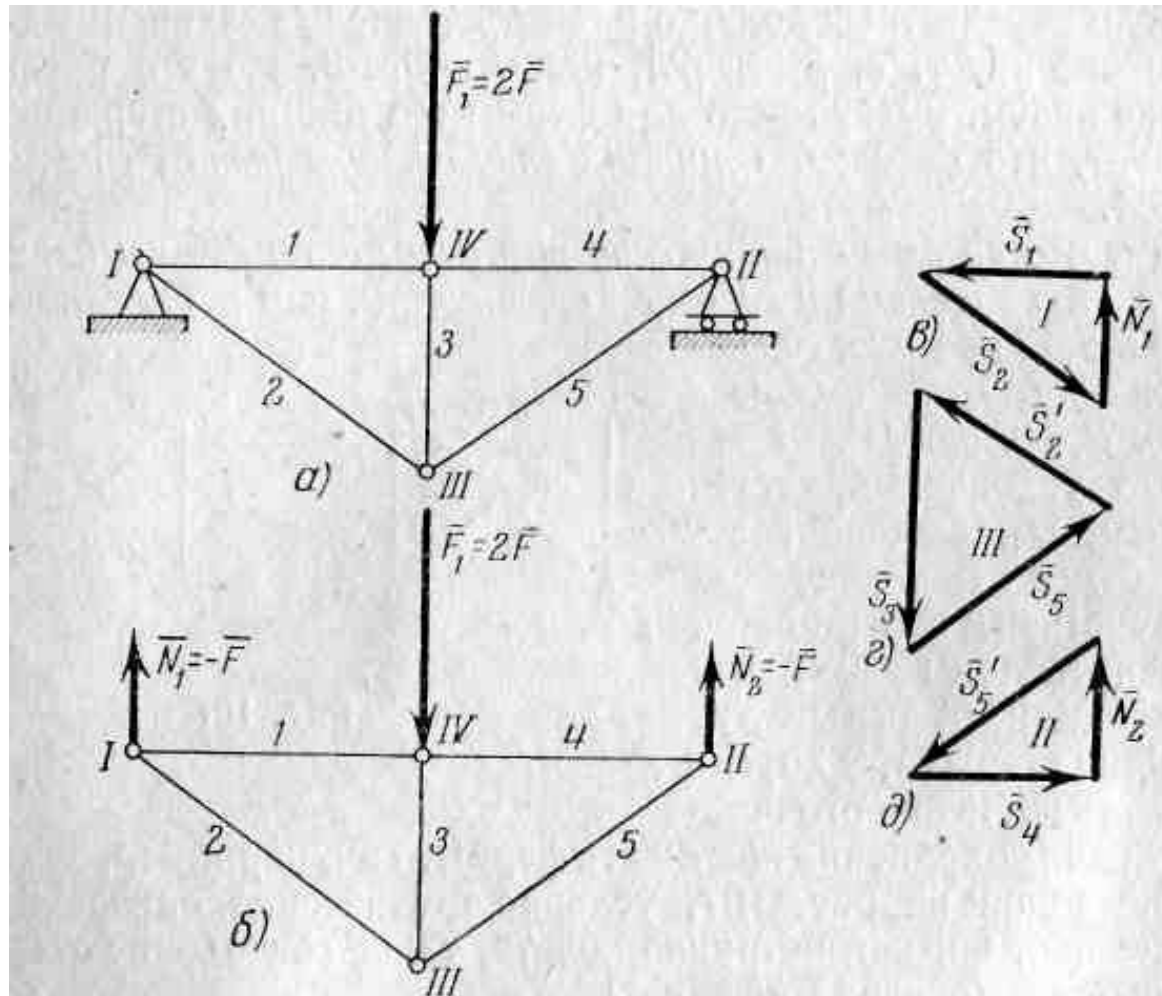
Для фермы, имеющей **n** узлов, можно составить **$2n$** независимых уравнений равновесия.

В число неизвестных входят **N** усилий в стержнях фермы и **три** составляющие реакций внешних опор. Ферма будет статически определимой при выполнении условия

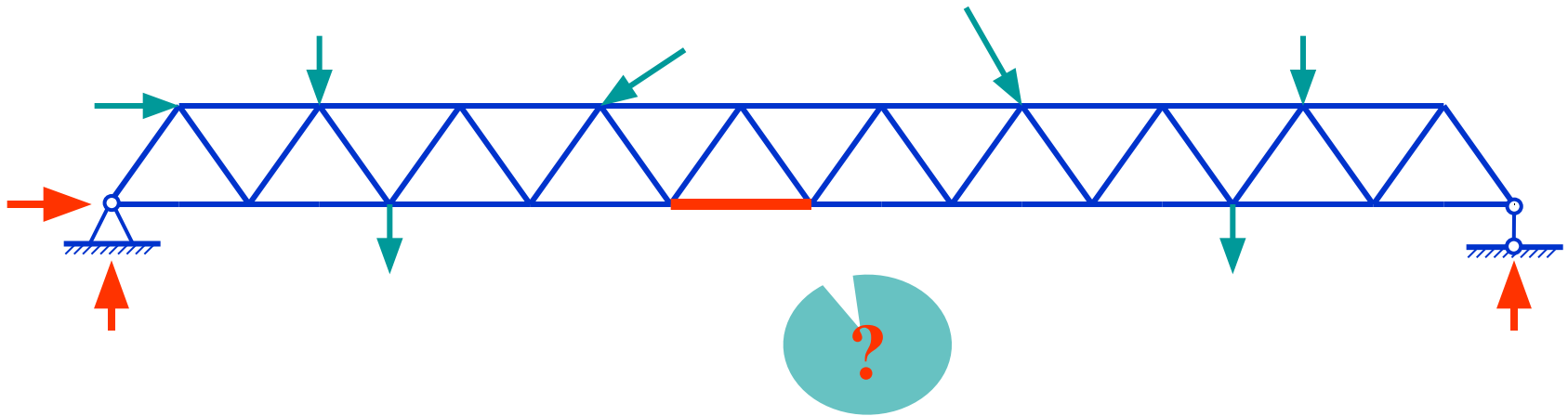
$$N = 2n - 3,$$

что совпадает с условием жёсткости.

Метод вырезания узлов

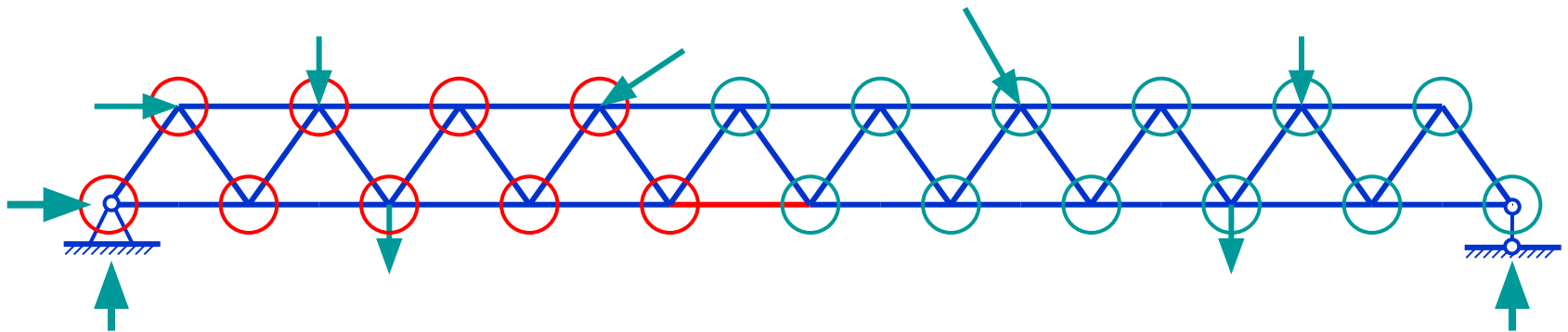


РАСЧЁТ ФЕРМ



Метод вырезания узлов в некоторых случаях представляется неоправданно трудоёмким. Рассмотрим ферму.

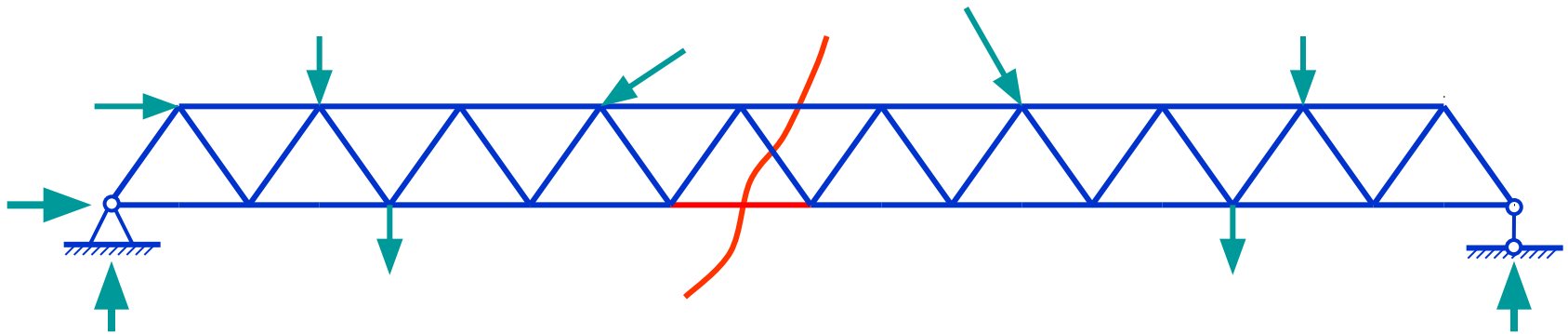
Требуется определить усилие только в одном, выделенном на чертеже, стержне.



Чтобы убедиться в правильности полученного результата, необходимо составить проверочные уравнения. Для этого придётся продолжить рассмотрение равновесия узлов фермы.

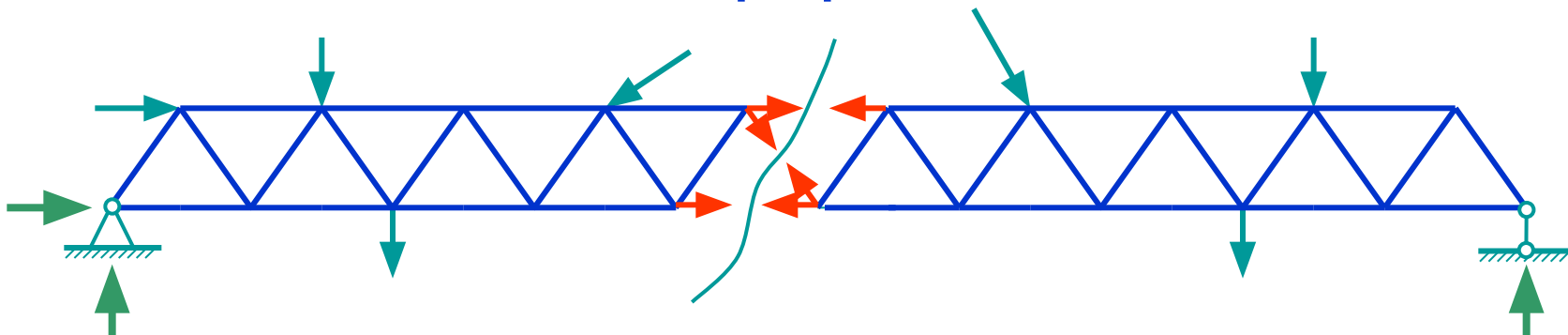
В четырёх уравнениях, составленных для последних двух узлов, будет только одна неизвестная величина – усилие в последнем стержне. Оставшиеся три уравнения должны выполняться тождественно, то есть выполняют роль проверочных уравнений.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМЫ МЕТОДОМ СКВОЗНЫХ СЕЧЕНИЙ (СПОСОБ РИТТЕРА)



Метод сквозных сечений состоит в том, что ферма разделяется сечением на две части и рассматривается равновесие одной из этих частей. Сечение проводится через стержень, в котором необходимо определить усилие.

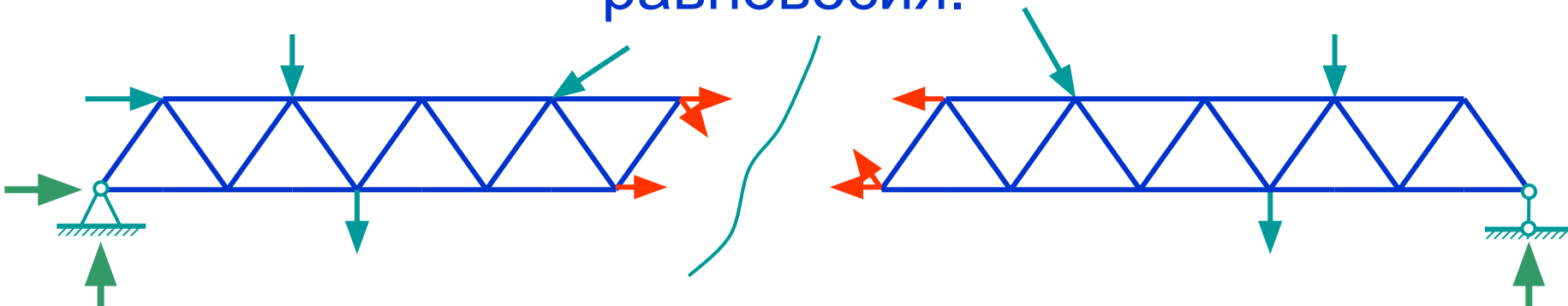
Равновесие можно рассматривать любой из образовавшихся частей фермы.



Для рассматриваемой части «разрезанные» стержни служат опорами.

Их реакции входят в систему внешних сил, приложенных к рассматриваемой части фермы.

Любая из частей фермы находится под действием **плоской** системы сил, для которой можно составить только **три** независимых уравнения равновесия.



По этой причине сечение проводится через **три стержня** фермы.