

# РАСЧЕТ ФЕРМ

**Фермой** называется геометрически неизменяемая конструкция, состоящая из прямолинейных брусов, соединенных между собой шарнирами и служащая для восприятия внешних нагрузок и передачи их на опоры.

**Ферма** называется плоской если, все брусы лежат в одной плоскости. В противном случае ферма называется пространственной.

**Гипотезы**, принимаемые при расчете ферм:

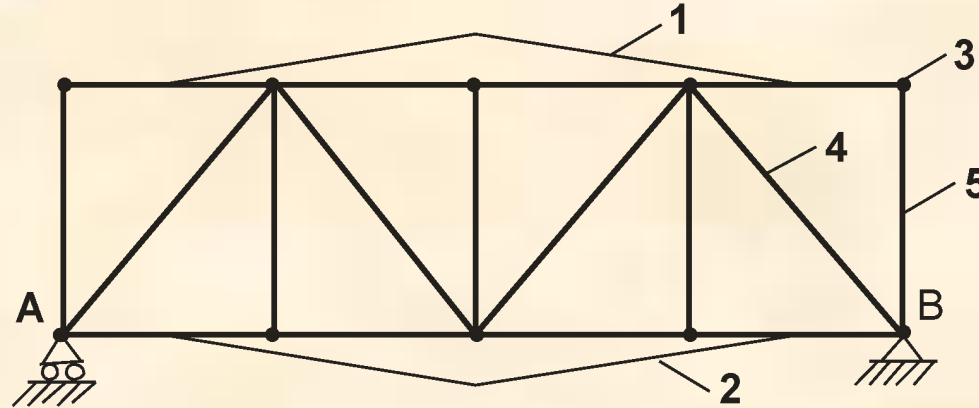
- ✓ собственным весом брусов фермы можно пренебречь (по сравнению с воспринимаемыми нагрузками);
- ✓ внешние силы приложены только к шарнирам;
- ✓ шарниры - идеальны (трением в шарнирах можно пренебречь).

**Замечания.**

1. При выполнении указанных гипотез все брусы фермы будут испытывать только растяжение или сжатие. В этом случае брусы называют стержнями, а ферму - стержневой.
2. При действии внешних сил не только на шарниры, но и на точки брусов, последние кроме растяжения - сжатия испытывают еще и изгиб. В этом случае брусы называют балками, а ферму - балочной.
3. В курсе теоретической механики рассматриваются только плоские фермы, составленные из прямолинейных стержней.

# РАСЧЕТ ФЕРМ

Фермы широко применяются для перекрытия больших пролетов в конструкциях мостов, кранов, стропил и т.д. Это обусловлено тем, что при малом расходе материалов и малом собственном весе фермы способны воспринимать значительные внешние нагрузки. Кроме того, расчет стержневых шарнирных ферм производится достаточно просто.



1 – верхний пояс,  
2 – нижний пояс,  
3 – узел фермы,  
4 – раскос,  
5 – стойка,  
A, B – опорные узлы,  
AB – пролет фермы.

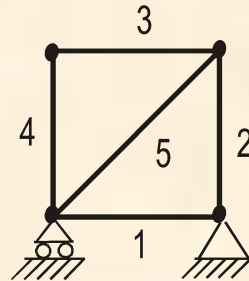
## Условие жесткости и условие статической определимости плоской фермы

Пусть  $S$  – число стержней, а  $n$  – число узлов плоской фермы

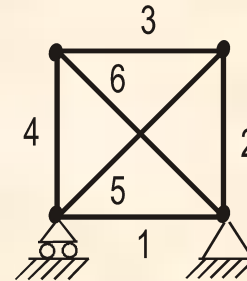
Diagram of a triangle with 3 members and 3 nodes. The formula for the number of members in a truss is given as:

$$S = 3 + 2 \cdot (n - 3) = 2 \cdot n - 3$$

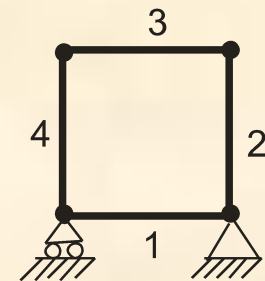
$$S = 2 \cdot n - 3$$



$$S = 2 \cdot n - 3$$



$$S > 2 \cdot n - 3$$



$$S < 2 \cdot n - 3$$

Ферма имеет лишний стержень Плоский механизм

# РАСЧЕТ ФЕРМ

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ФЕРМ

Расчет статически определимой фермы сводится к определению опорных реакций и усилий в ее стержнях.

По отношению ко всей ферме усилия в стержнях являются внутренними силами, поэтому для их определения используется метод сечений в двух разновидностях: способ вырезания узлов и способ сквозных сечений (Риттера).

### 1. Способ вырезания узлов

1. Выбираем в качестве объекта равновесия ферму в целом и определяем опорные реакции.
2. Выбираем узел фермы в котором сходятся два стержня с неизвестными усилиями.
3. Отбрасываем стержни, заменяя их действие на узел реакциями. Реакции стержней направляем по осям стержней от узла. Это соответствует предположению о том, что все стержни растянуты.
4. Составляем два уравнения равновесия для плоской системы сходящихся сил, действующих на выбранный узел.
5. Решая составленные уравнения, находим усилия в стержнях. Если усилия в стержнях получились со знаком «-» то это означает, что соответствующие стержни сжаты.
6. Последовательно вырезаем узлы фермы так, чтобы в двух уравнениях равновесия для каждого из узлов было не более двух неизвестных усилий.
7. **Вырезание последнего узла может служить для контроля правильности расчета.**

# РАСЧЕТ ФЕРМ

## 2. Метод сквозных сечений (метод Риттера)

1. Выбираем в качестве объекта равновесия ферму в целом и определяем опорные реакции.
2. Проводим сквозное сечение, разделяющее ферму на две отдельные части так, **чтобы в сечение попадало не более трех стержней**, в одном из которых требуется найти усилие.
3. Выбираем в качестве объекта равновесия одну часть фермы, как правило ту, на которую действует меньшее число сил, и отбрасываем другую часть фермы.
4. Действие отброшенной части на оставшуюся заменяем реакциями стержней, попавших в сечение, направляя их по осям стержней в сторону отброшенной части. Это соответствует предположению о том, что все стержни растянуты.
5. Для оставшейся части фермы **находим точки Риттера** – точки, в которых попарно пересекаются линии действия усилий в рассеченных стержнях. В общем случае таких точек будет три.
6. Составляем три уравнения: сумм моментов всех сил, действующих на оставленную часть фермы относительно трех найденных точек Риттера.
7. Определяем усилия в рассеченных стержнях. Если усилия в стержнях получились со знаком «-» то это означает, что соответствующие стержни сжаты.
8. Для определения усилий в других стержнях фермы необходимо провести другие сечения (п.2) и повторить описанные действия.

**Замечание.** Если в проведенном сечении два стержня параллельны, то существуют лишь две точки Риттера. В этом случае для нахождения усилия в третьем стержне следует составить сумму проекций всех сил, действующих на оставленную часть фермы, на ось, перпендикулярную направлению параллельных стержней.

# РАСЧЕТ ФЕРМ

## Обсуждение методов

Метод вырезания узлов не позволяет сразу вычислить усилие только в одном указанном стержне фермы, а **требует рассмотрения равновесия всех узлов и решения для них уравнений равновесия** (по крайней мере узлов, находящихся между одним из опорных узлов и узлом, к которому подходит указанный стержень). При большом числе узлов последовательное вычисление усилий в стержнях и подстановка результатов в дальнейший расчет может привести к накоплению ошибок. Кроме того, грубая ошибка, допущенная при ручном счете в одном из узлов, делает все дальнейшие вычисления неверными.

Тем не менее, этот метод позволяет создать достаточно простой и универсальный алгоритм для численного решения задачи на компьютере.

Метод сквозных сечений (метод Риттера) в принципе позволяет сразу определить усилие только в одном указанном стержне. Однако при использовании этого метода могут возникнуть трудности, связанные с нахождением моментов сил относительно найденных точек Риттера.

Следует отметить также сложности создания универсального алгоритма численного решения задачи методом сечений на компьютере.

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВПО ВятГУ

Факультет строительства и архитектуры

Кафедра теоретической и строительной механики

Расчетно-графическая работа **С-2**

**Определение реакций опор и сил в стержнях плоской фермы**

Шифр \_\_\_\_

Вариант \_\_\_\_

Выполнил студент(ка) гр. СТ-\_\_\_\_

Иванов И.И.

Проверил:

Тимофеев Б.Л.

20

5

г. Киров 2014 г.