

## Лекция 6

# Проектирование железобетонных ферм



# Примеры типовых ферм

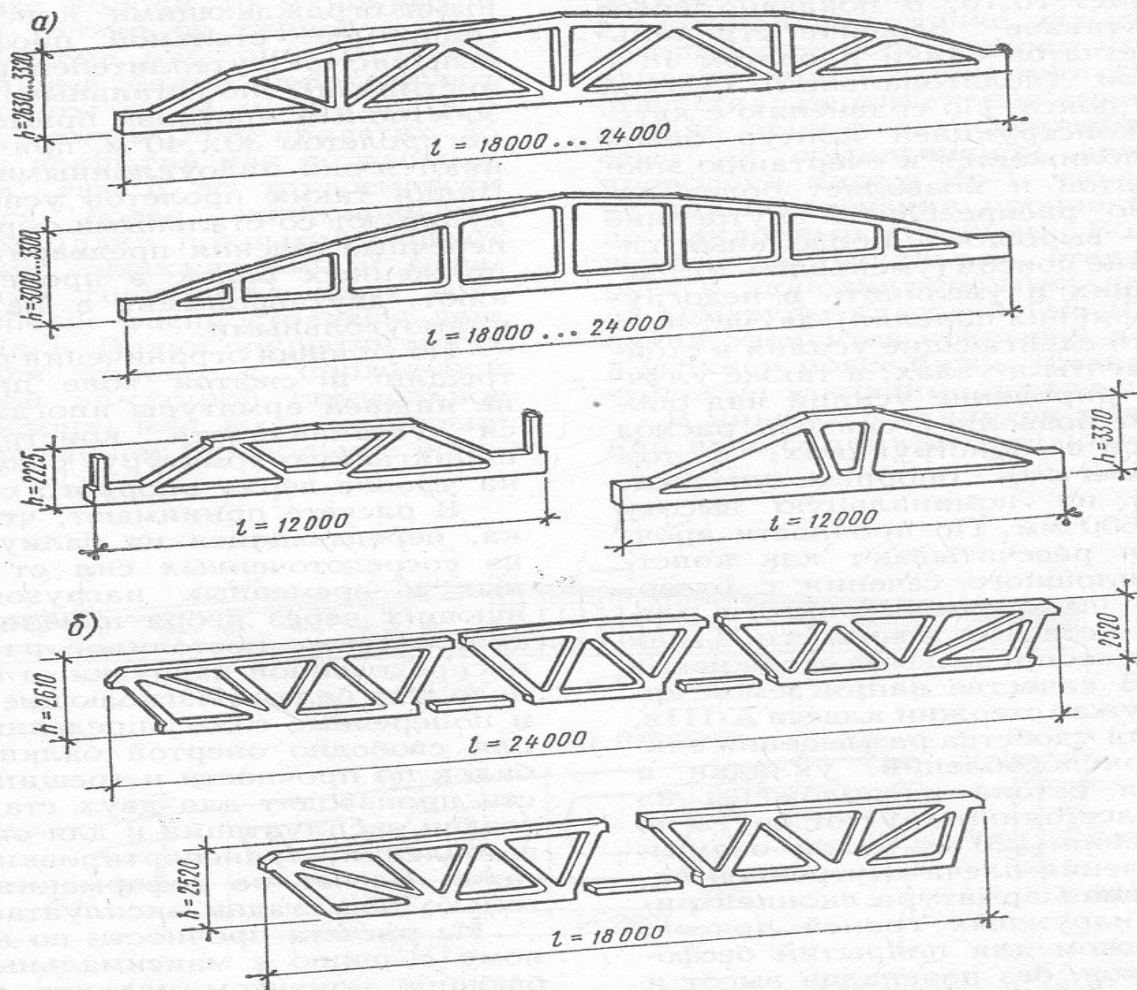


Рис. 10.12. Номенклатура основных типовых конструкций ферм в СССР (а) и в СРР (б)

# Безраскосная ферма

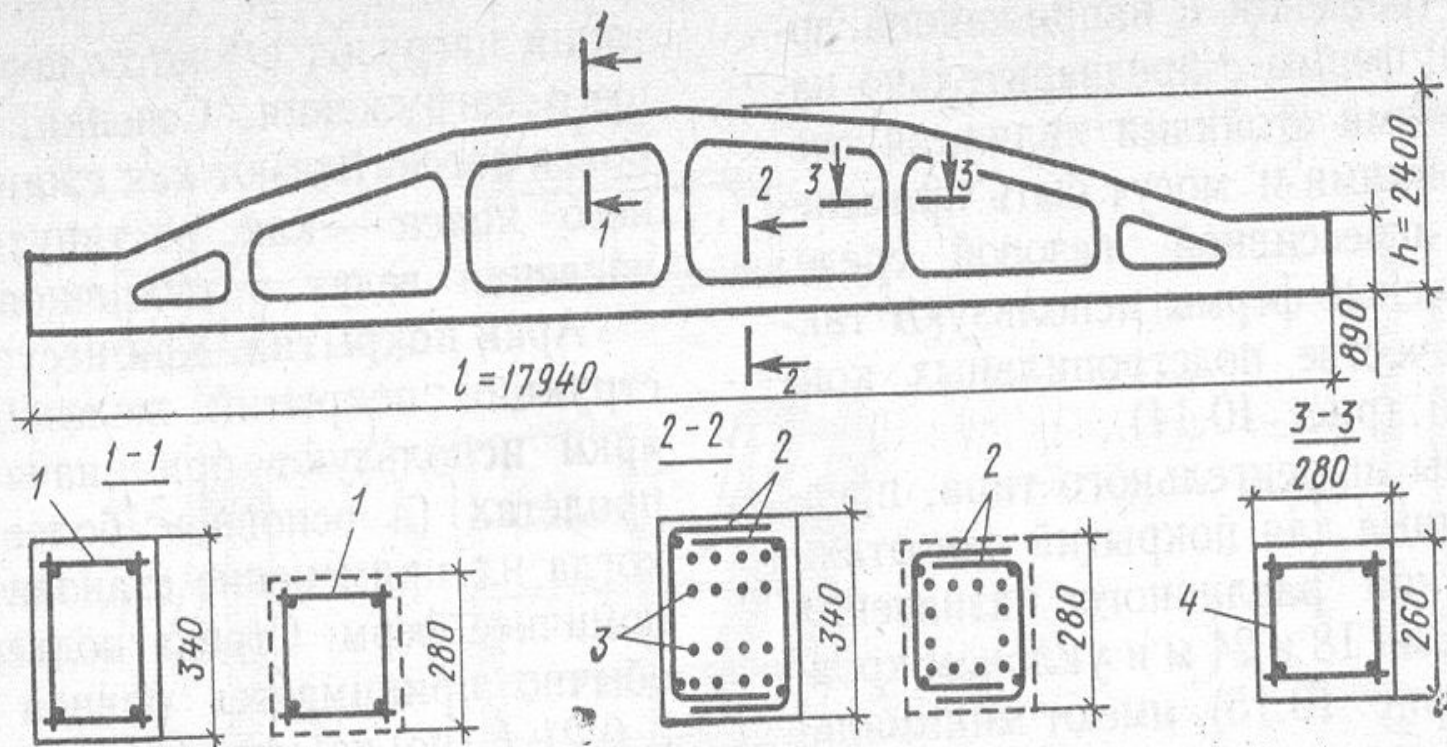


Рис. 10.13. Конструкции безраскосных ферм пролетом 18 м при шаге колонн 12 м (пунктиром показаны контуры ферм для шага 6 м):  
1 — арматурные каркасы верхнего пояса; 2 — арматурные каркасы (гнутые сетки) нижнего пояса; 3 — напрягаемая арматура (канаты класса К-7 диаметром 15 мм); 4 — арматурные каркасы стоек



# Безраскосная подстропильная ферма

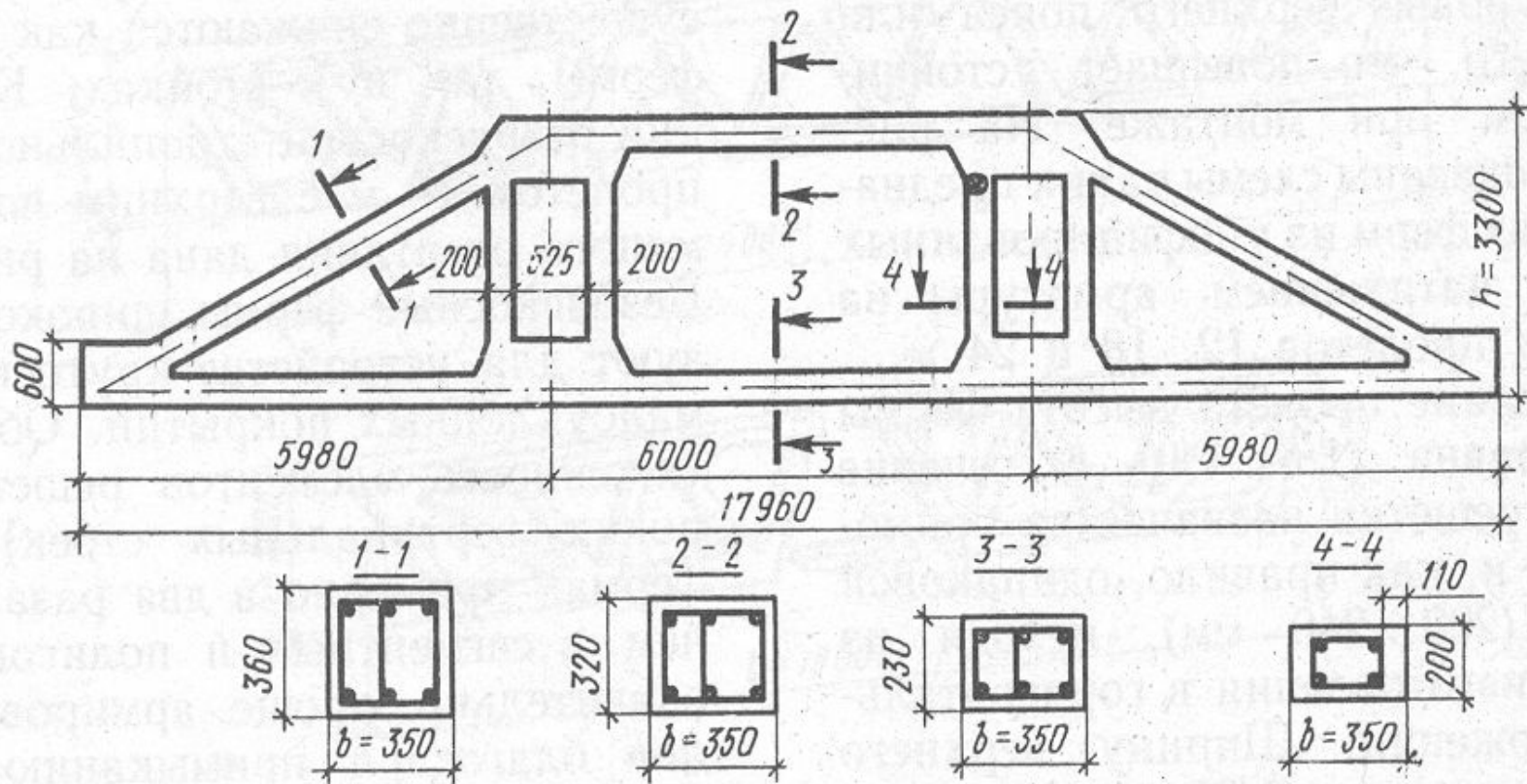


Рис. 10.14. Безраскосная подстропильная ферма пролетом 18 м







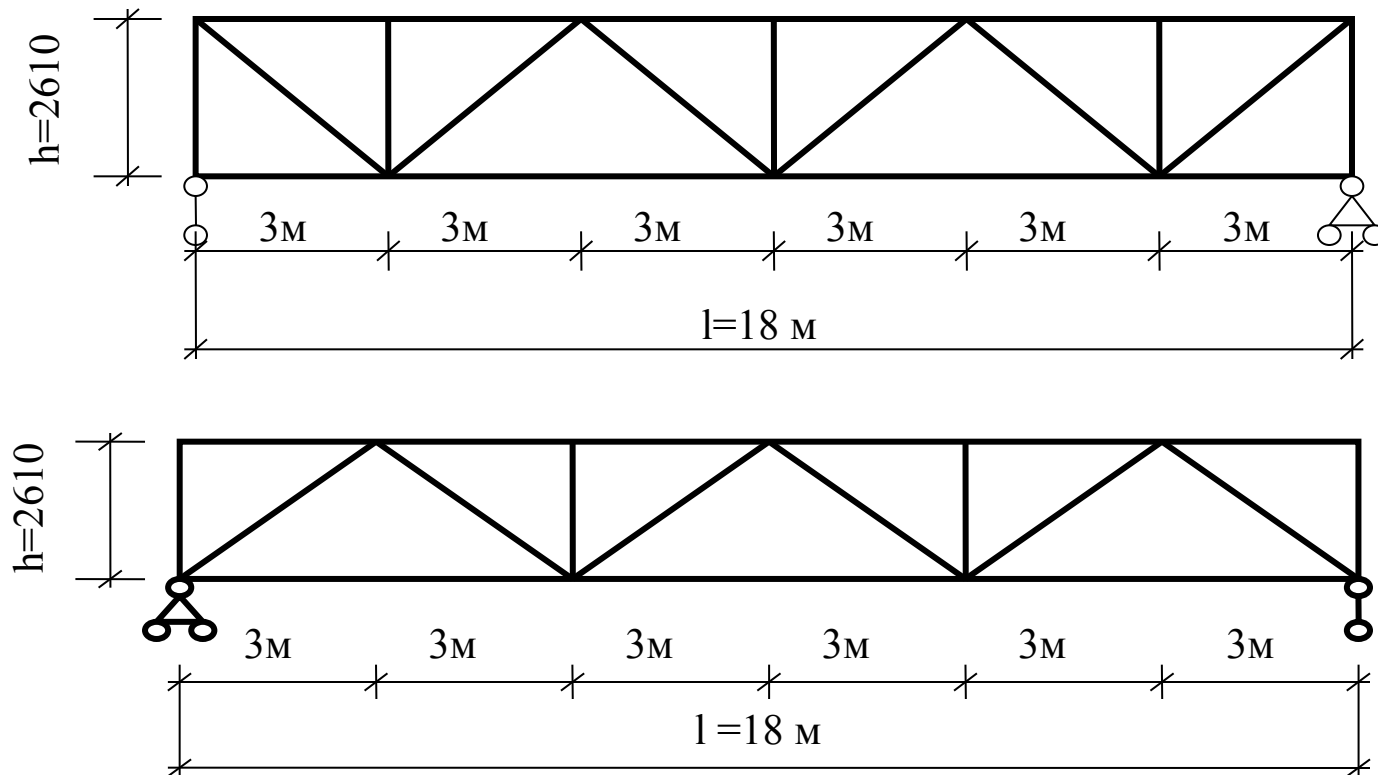


## Общие сведения

При пролетах более 18 м, фермы становятся экономичнее балок, по расходу стали и бетона.

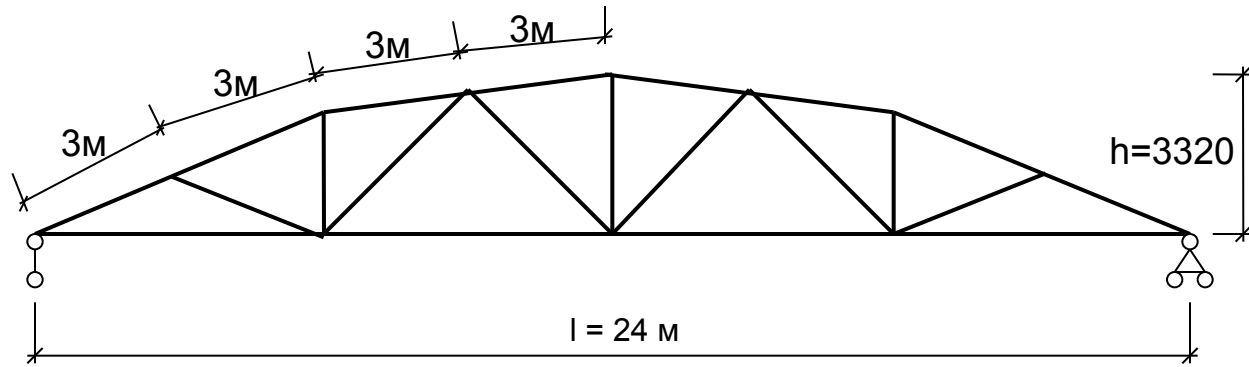
В зависимости от профиля кровли здания принимаются соответствующие очертания фермы.

### Полигональные

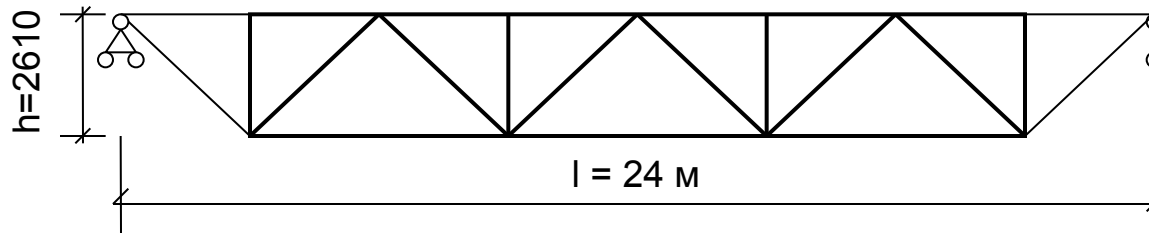




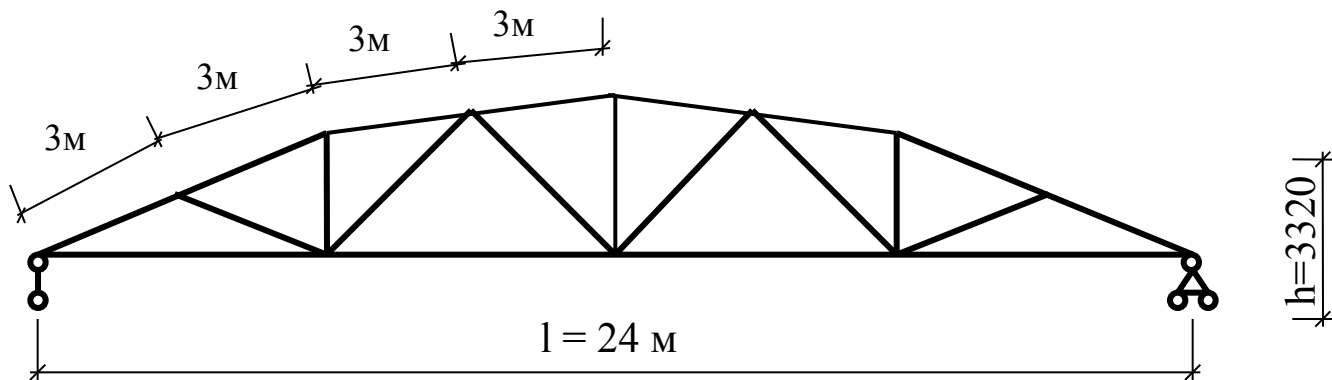
## Сегментные



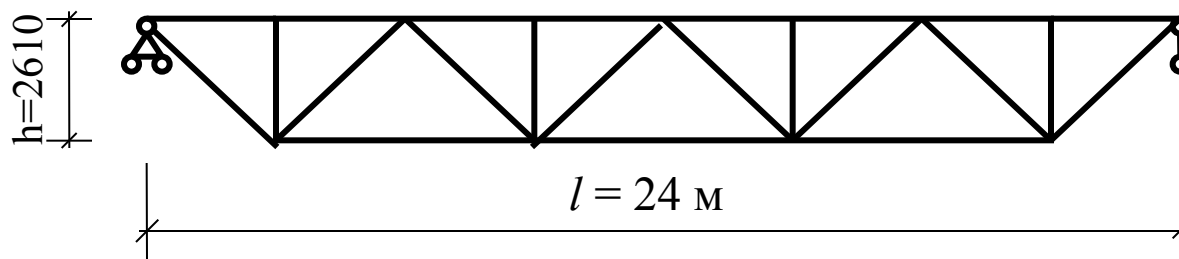
## Полигональные, с ломанным нижним поясом



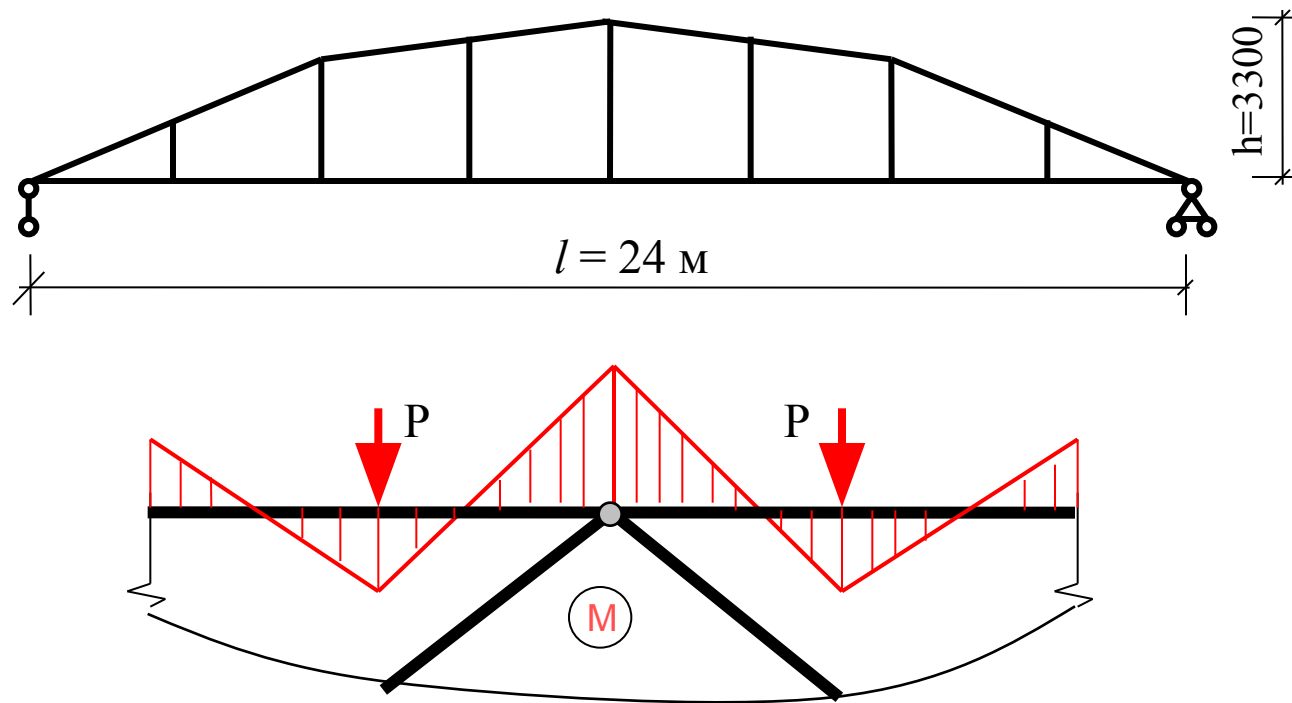
## Сегментные



## Полигональные, с ломанным нижним поясом



## Сегментные, безраскосные



Появление местного изгиба в верхнем поясе фермы при внеузловом приложении нагрузки



Высота ферм в середине пролета назначается равной  $(1/7 \div 1/9)l$ , ширина верхнего пояса  $(1/70 \div 1/100)l$ . Обычно, ширина верхнего пояса принимается  $200 \div 350$  мм (из условия опирания двух плит покрытия); ширина нижнего пояса такой же, как и верхнего. Расстояние между узлами верхнего пояса принимают 3 м, что бы избежать местного изгиба верхнего пояса.

Нижний пояс фермы, работает на растяжение, стойки и верхний пояс на сжатие, раскосы на сжатие или на растяжение.

Применяемый бетон классов В20 – В40, напрягаемая арматура А-IV, А-V, А-VI, К-7, К-19, Вр-II.

## Допущения при расчете ферм

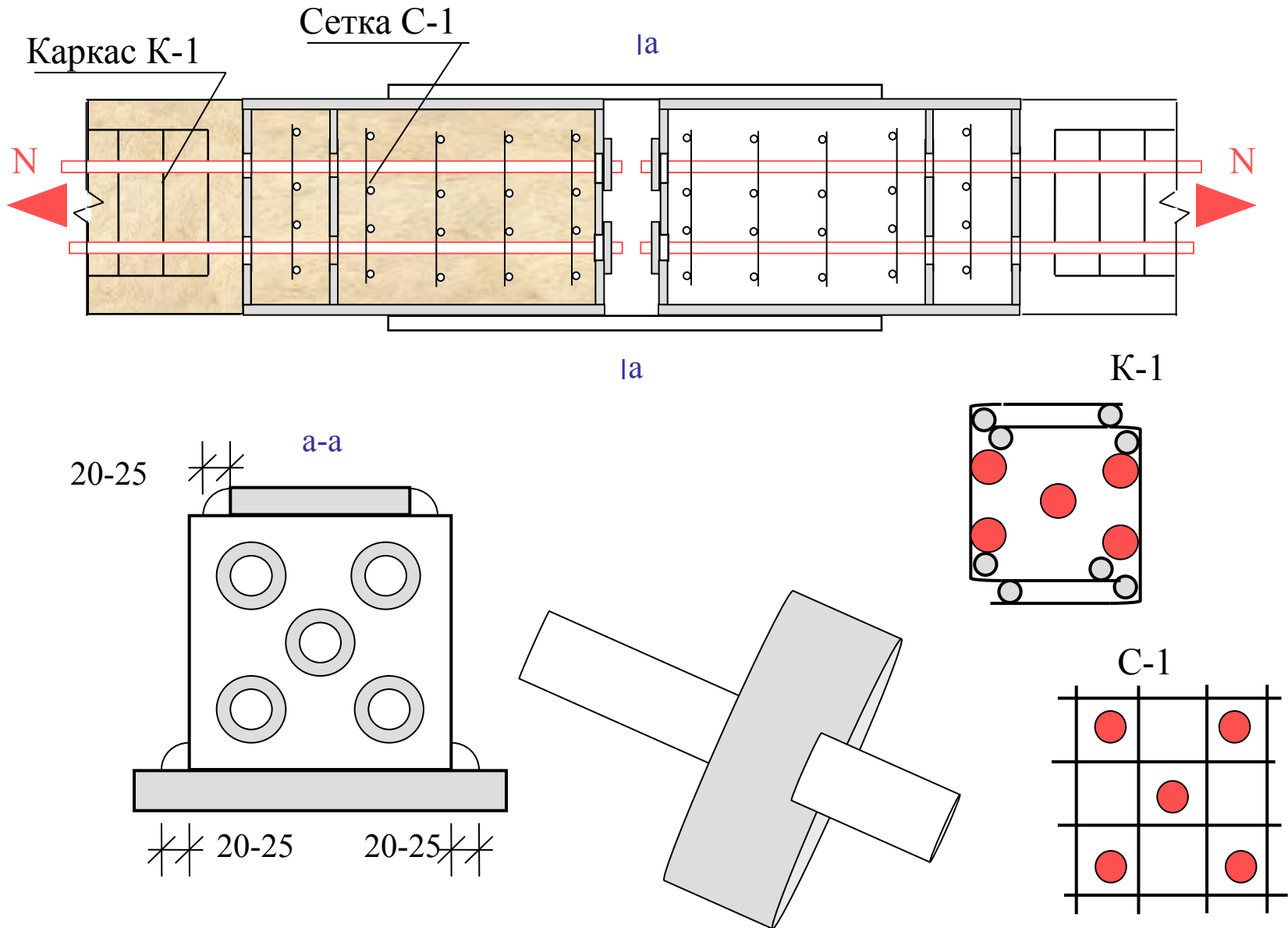
- внешняя нагрузка приложена в узлах центрально,
- стержни(элементы решетки) центрально сжаты (растянуты),
- соединения в узлах шарнирные.

При расчетах элементов решетки необходимо учитывать влияние гибкости и продольного изгиба.

Усилия в элементах фермы определяются от узловых нагрузок методами сопротивления материалов или теоретической механики (метод Максвелла – Кремоны, метод вырезания узлов или метод сечений), а также численными методами с помощью ЭВМ.

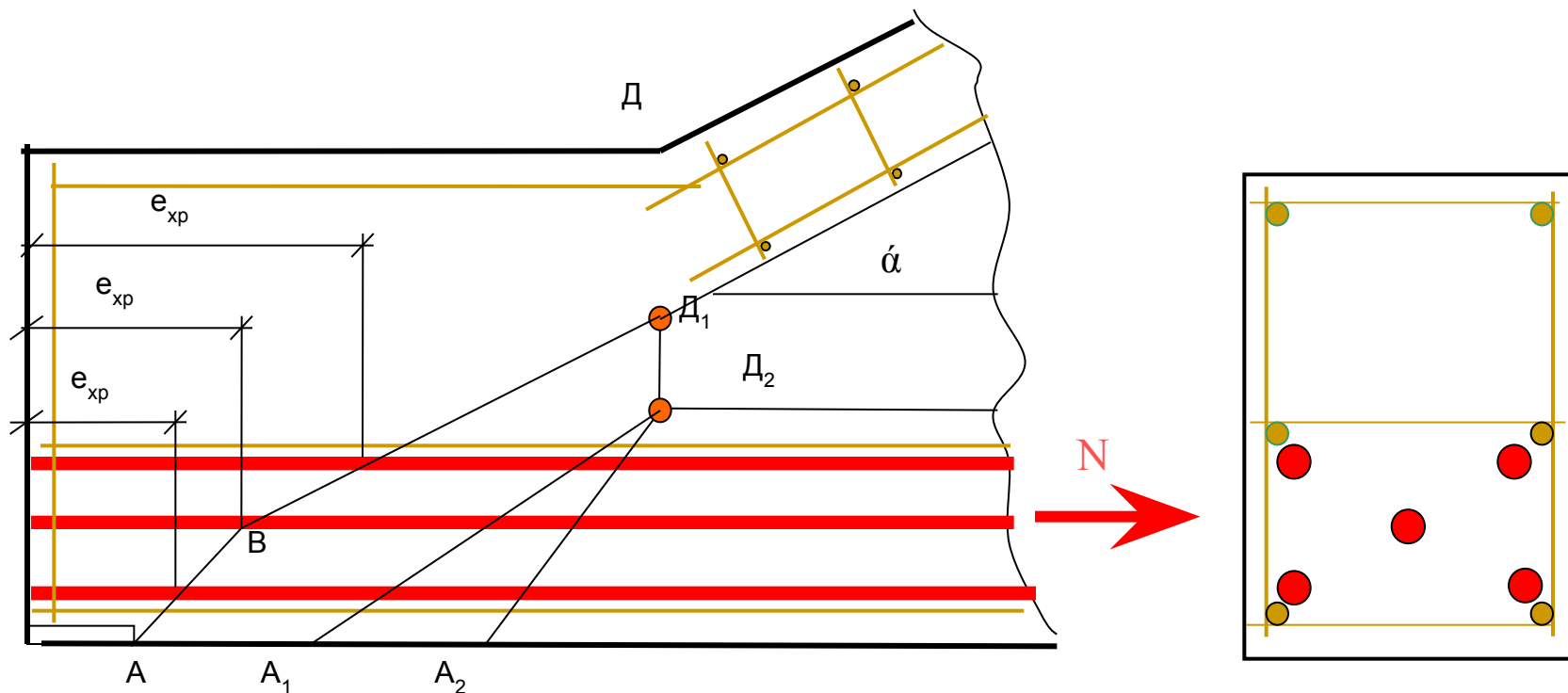
При пролетах до 24 метров фермы могут быть цельными, более 24 м - составными.

# Стык нижнего пояса составных ферм





# Расчет опорных узлов фермы



# Варианты разрушения

## **1 . Разрушение от отрыва части опорного узла (нарушение анкеровки)**

Происходит по линиям АД;  $A_1D_1$ ;  $A_2D_2$  под действием усилия, действующего нормально к плоскости отрыва, вследствие недостаточной анкеровки арматуры, расположенной слева от расчетного сечения.

## **2 . Разрушение от изгиба по наклонному сечению**

под действием опорной реакции  $R_A$  с поворотом вокруг (точки “О” – центр) тяжести сжатой зоны бетона опорного сечения.

## **3 . Разрушение от изгиба по нормальному сечению**

## Разрушение от отрыва части опорного узла (нарушение анкеровки)

Условие прочности запишется в следующем виде

$$N \leq N_{gp} + N_{\sin c} + N_s \quad N \leq R_{sp} \times A_{sp} + R_s \times A_{\sin c} + R_s A_s$$

При отсутствии наклонных стержней условие на отрыв примет вид

$$N \leq R_{sp} \times A_{sp} + R_s A_s$$

Усилие в продольной напрягаемой и ненапрягаемой арматуре принимается с учетом снижения расчетного сопротивления в зоне передачи напряжений (зоне анкеровки)

$$N_{sp} \leq A_{sp} \times \frac{e_{xp}}{e_{ан.р}} \times R_{sp}$$

Расчетная длина зона передачи напряжений напрягаемой арматуры

$$l_{онр} = \left( \omega_p \frac{\sigma_{sp}}{R_{сп}} + \lambda_p \right) \times d$$



Здесь

$\omega_1, \lambda$  - константы, учитывающие вид арматуры,

$\sigma_{sp}$  – усилие преднапряжения, принимается  
равным  $\sigma_{sp}$  или  $R_s$ , что больше,

$R_{bp}$  - передаточная прочность бетона.

Рабочее напряжение вычисляется отдельно для каждого  
вида и каждого слоя арматуры для трех расчетных сечений..

Расчетная длина зоны анкерования ненапрягаемой арматуры

$$l_{ан} = \left( \omega_{ан} \frac{\sigma_s}{R_v} + \lambda_{ан} \right) d$$

## Расчет прочности на изгиб по наклонному сечению.

Условие прочности определяется исходя из возможности разрушения опорного узла по линиям ABC, A<sub>1</sub>D<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>D<sub>2</sub> и записывается в следующем виде.

$$R_A \times Z_a \leq R_{sp} \times A_{sp} \times Z_{sp} + R_s \times A_s \times Z_s + \sum R_{sw} \times A_{sw} \times Z_{sw}$$

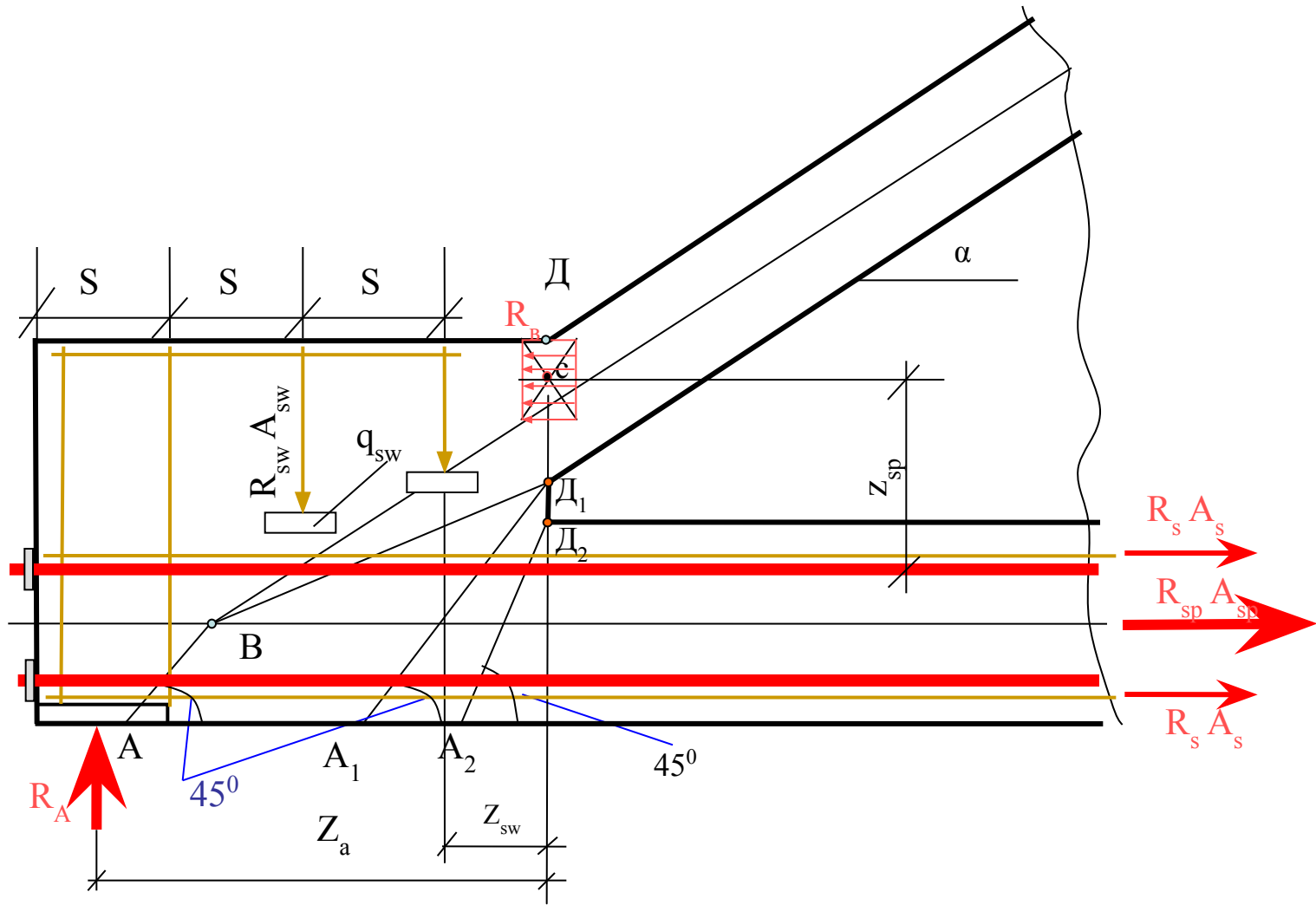
Высота сжатой зоны определяется из условия равенства “О” всех сил на горизонтальную ось элемента.

$$X = \frac{(R_{sp} \times A_{sp} + R_s \times A_s)}{R_b \times b}$$

Погонное усилие на хомут определяется по формуле:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \times A_{sw}}{S}$$

Расчет выполняют для всех 3-х сечений.





# Расчет прочности по нормальному сечению

$M \leq M_{сеч}$  – условие прочности

Внешний момент равен произведению опорной реакции  $R_A$  на плечо – равное расстоянию от точки приложения реакции до рассматриваемого сечения.

Как правило, при выполнении условий изложенных в первых двух пунктах третье условие выполняется автоматически.

# Расчет окаймляющей арматуры промежуточных узлов

$$N_{os} = 0.04(D_1 + 0.5D_2)$$

$$A_s = N_{os} / n_2 \times R_{os}$$

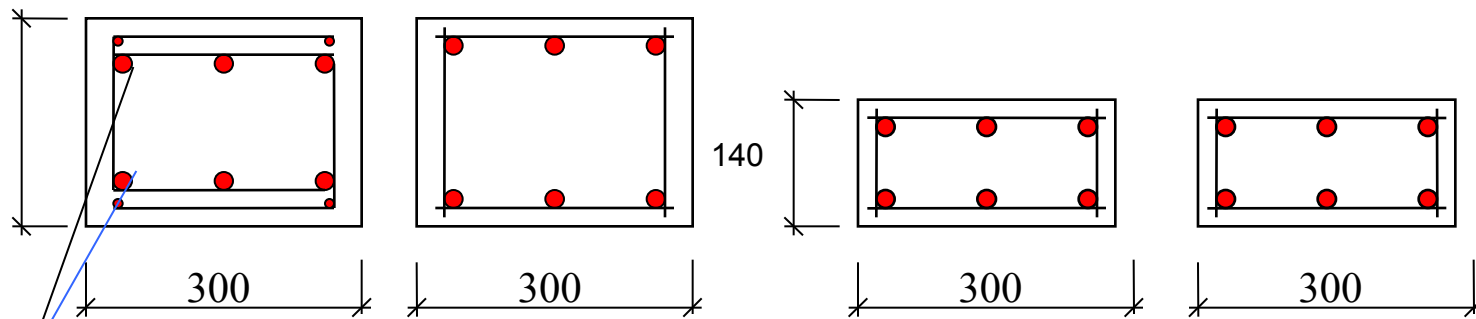
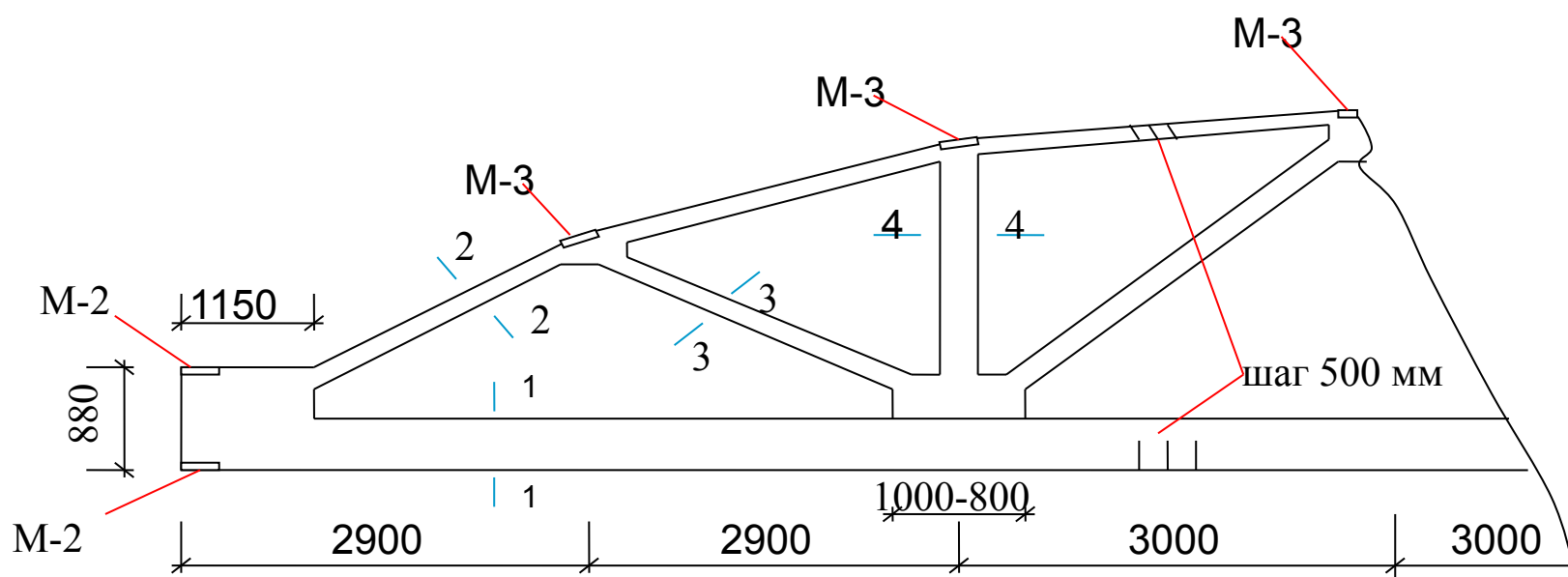
$N_{os}$  - расчетное растягивающее усилие,

$D_1$  - наибольшее усилие в растянутом раскосе,

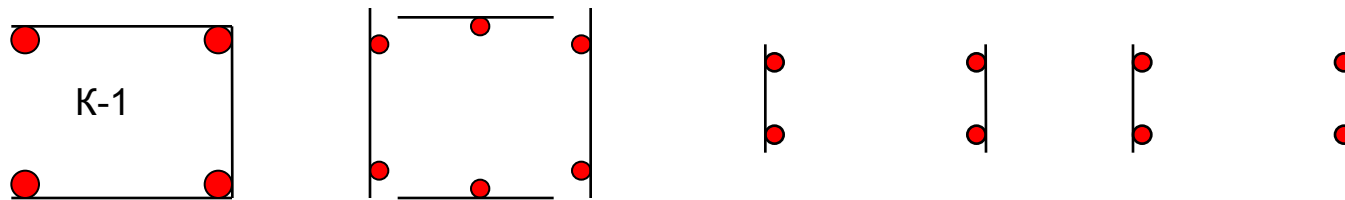
$D_2$  - усилия в другом растянутом раскосе этого узла,

$n_2$  - число окаймляющих стержней, обычно 2,

$R_{os} = 90$  МПа – расчетное напряжение окаймляющей арматуры, исходя из условия раскрытия трещин.



$A_{sp}$  (6 $\varnothing$ 20 A<sub>T</sub>-III)



# Пример армирования опорного узла

