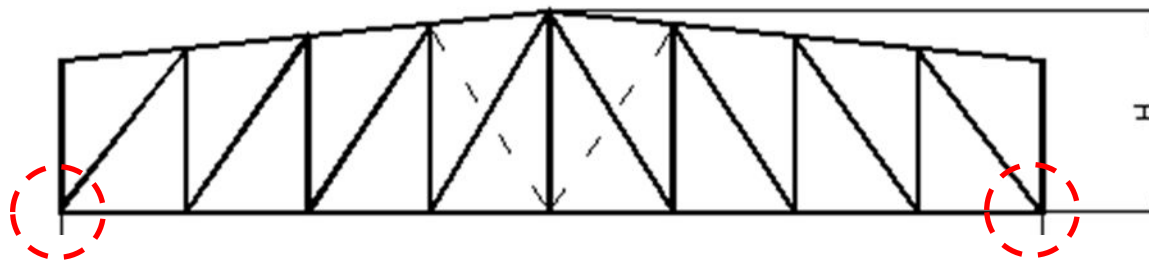
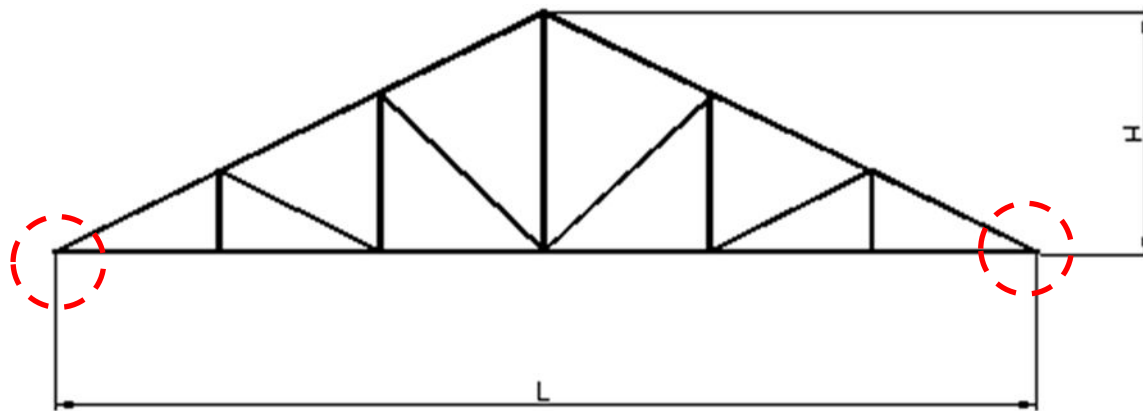


# Тема лекции: 3.5 Расчет и конструирование опорного узла фермы

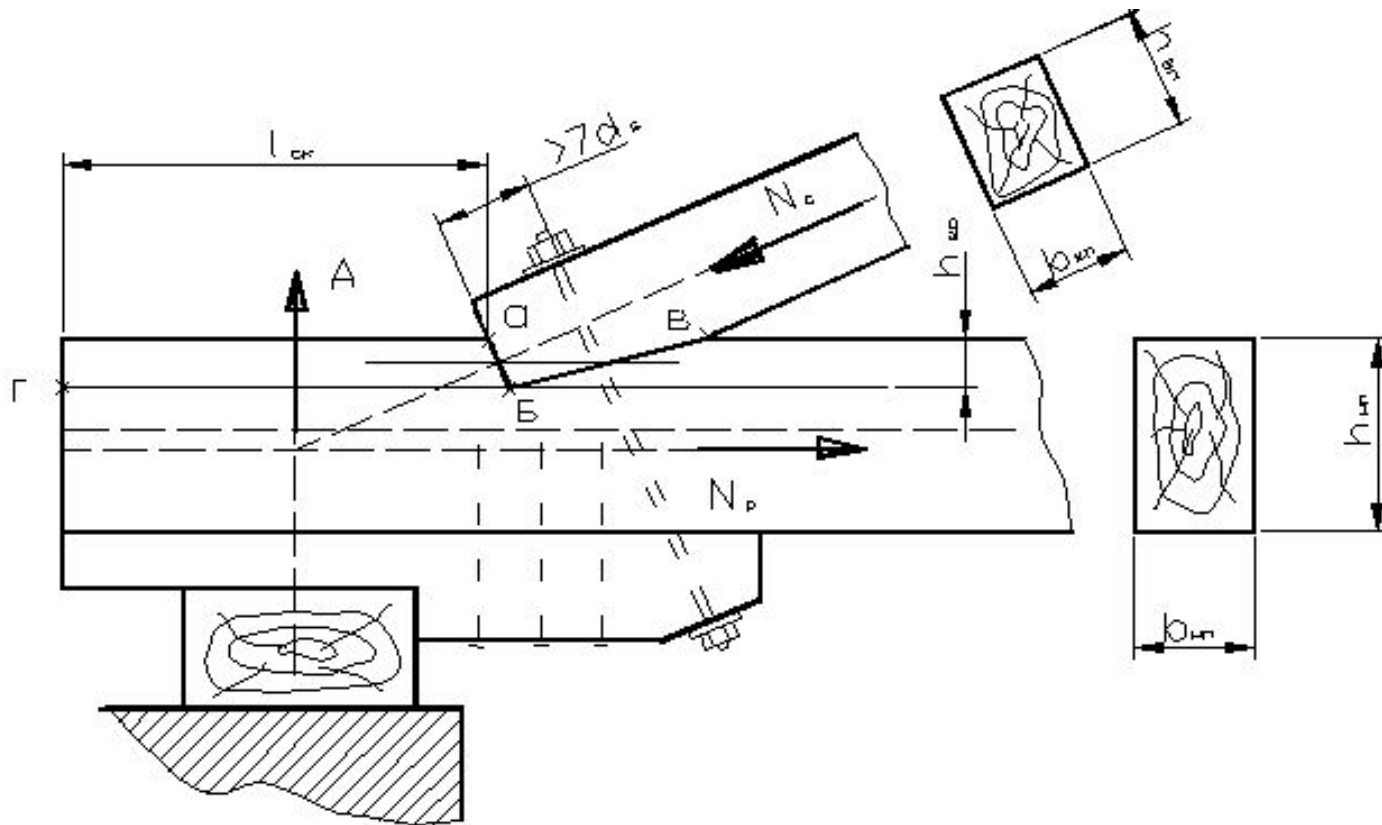
Где расположены опорные узлы фермы?



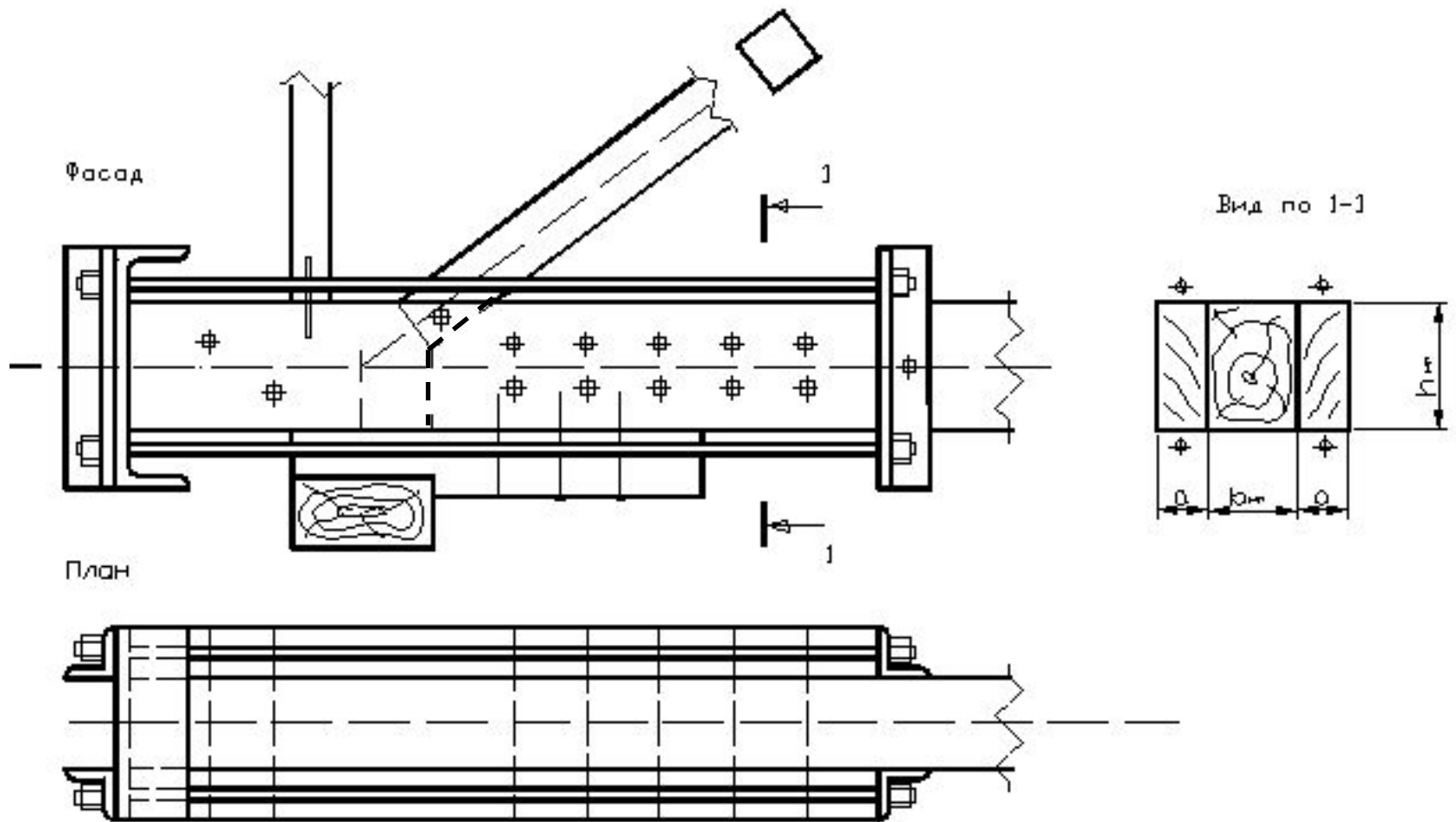
В полигональной ферме к узлу примыкает стойка (С1 - деревянный элемент)

Для наших ферм – **два варианта** конструкции опорного узла

1. Узел на лобовой врубке с одним зубом



## 2. Опорный узел на натяжных хомутах (тяжах)

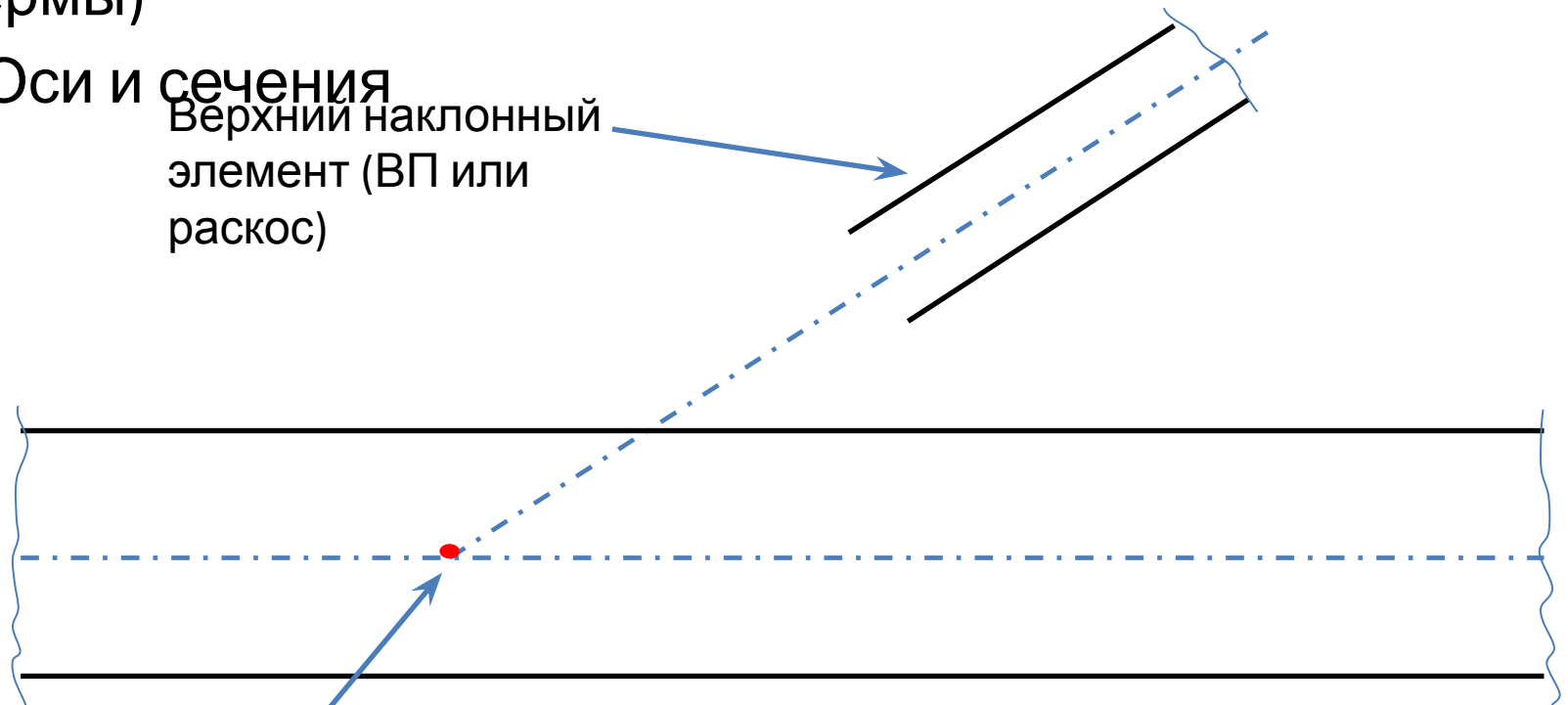


# Порядок конструирования опорного узла на натяжных хомутах

Рисуем три проекции узла (начнем с вида в плоскости фермы)

## 1. Оси и сечения

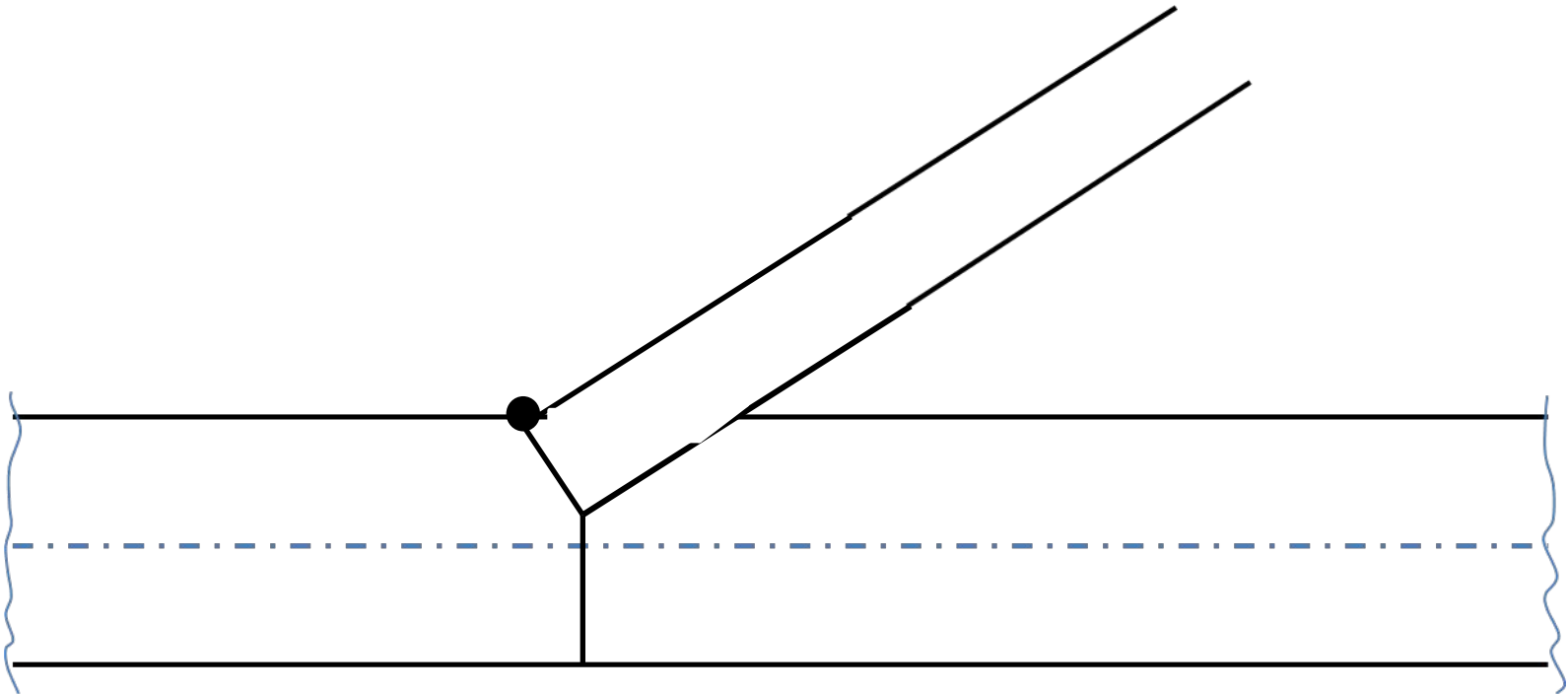
Верхний наклонный элемент (ВП или раскос)



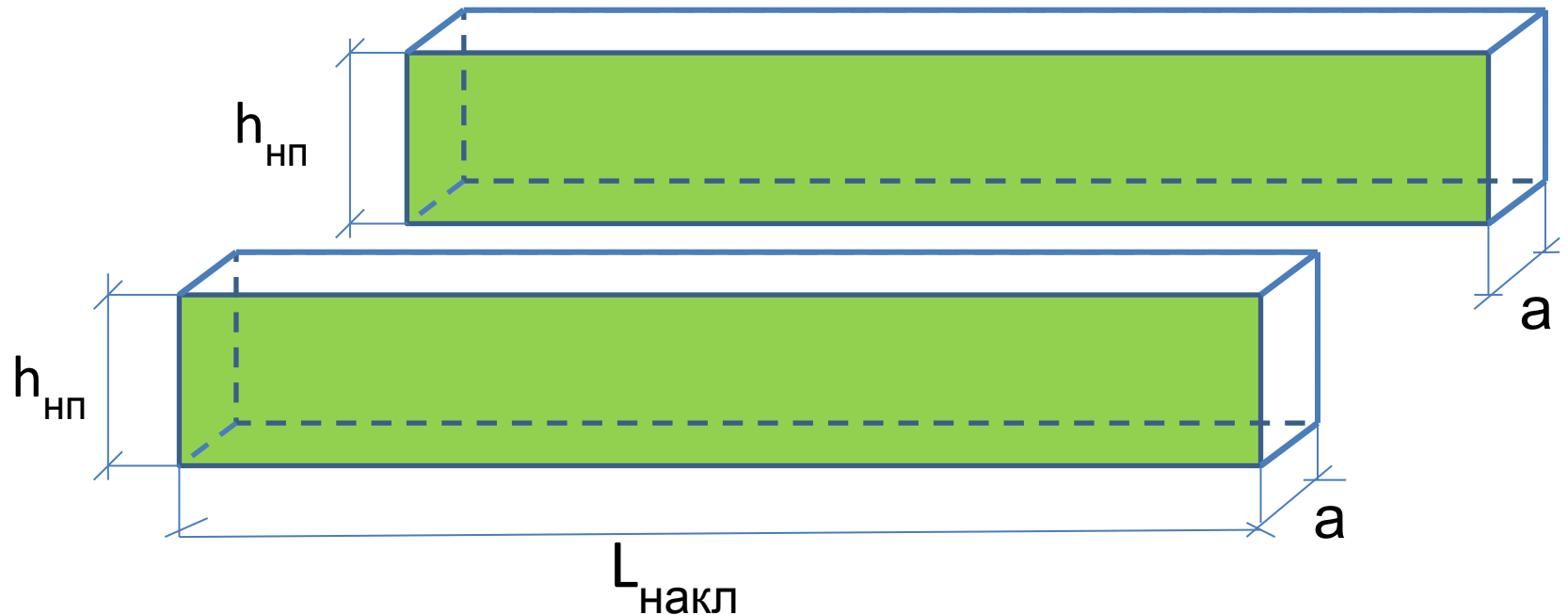
Центр узла на  
оси НП

Нижний пояс

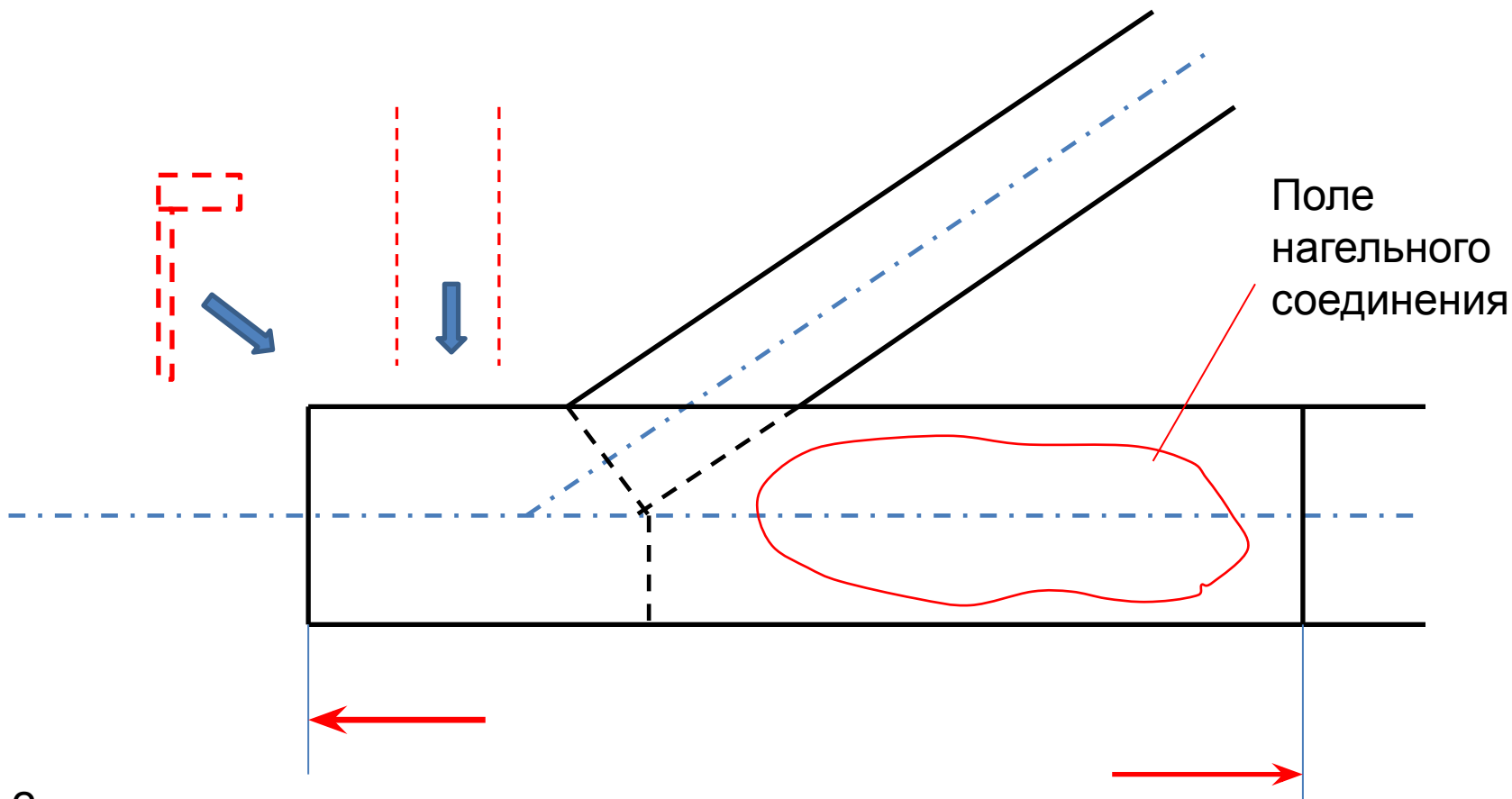
2. Примыкание верхнего наклонного элемента к НП  
(пояс разрезан, есть левая и правая части НП !!!)



3. Место примыкания закрываем двумя деревянными накладками (НС, крайний элемент, толщина  $a$  не произвольная)



$L_{\text{накл}} = L_{\text{узла}}$  – это и конструктивная и расчетная величина

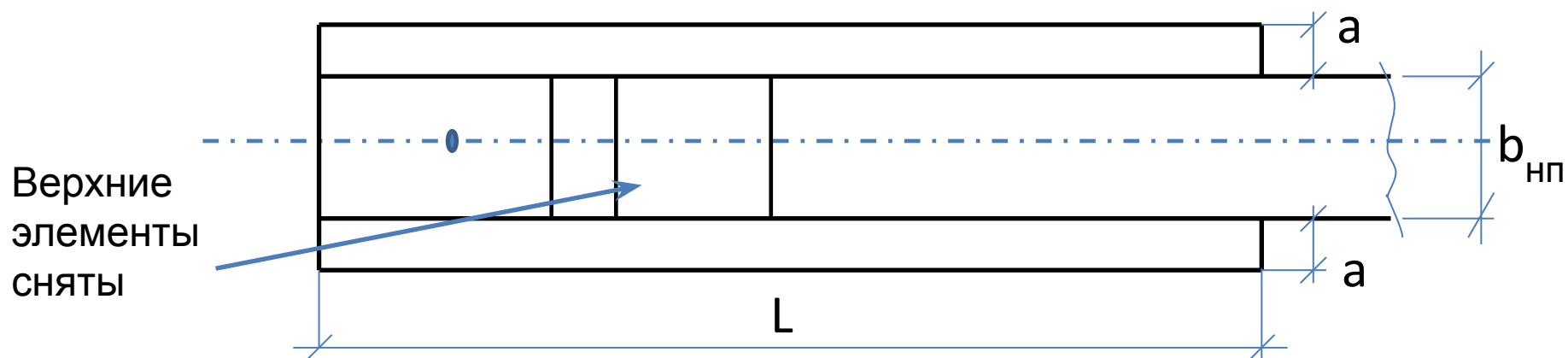
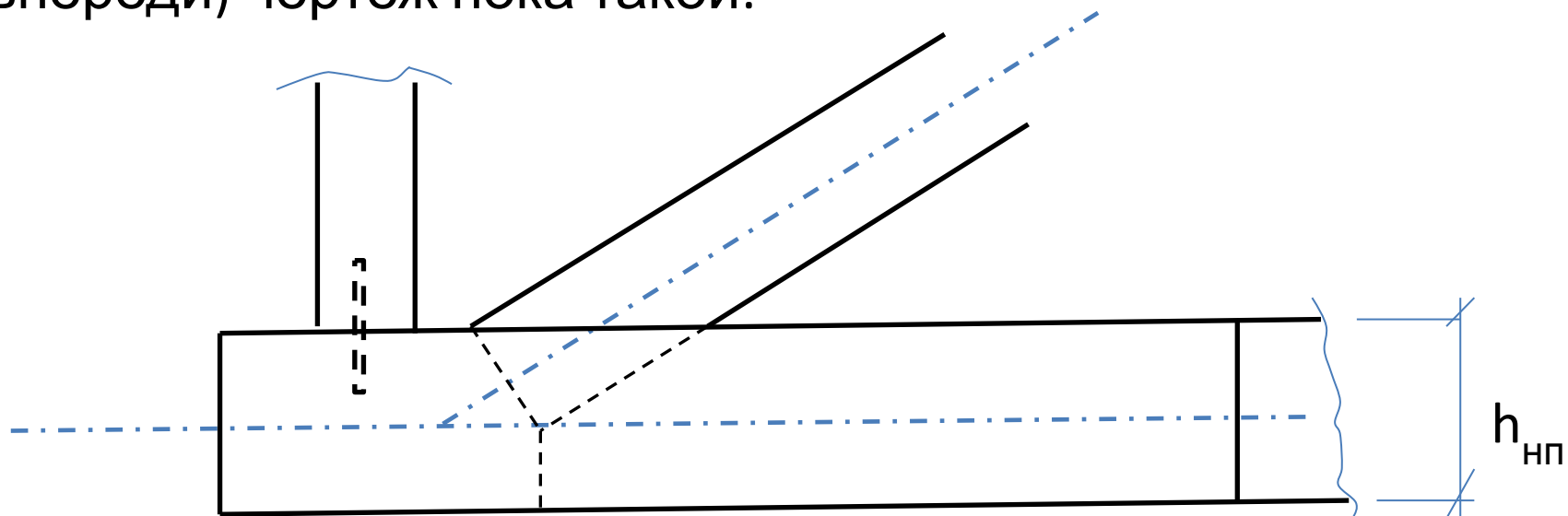


Поле  
нагельного  
соединения

Здесь **конструктивно**,  
обеспечить: а) примыкание  
стойки сверху б) установку  
швеллера – он **не касается**  
стойки в) **не менее  $1,5h_{нп}$**

Здесь по расчету, связано  
с устройством нагельного  
соединения

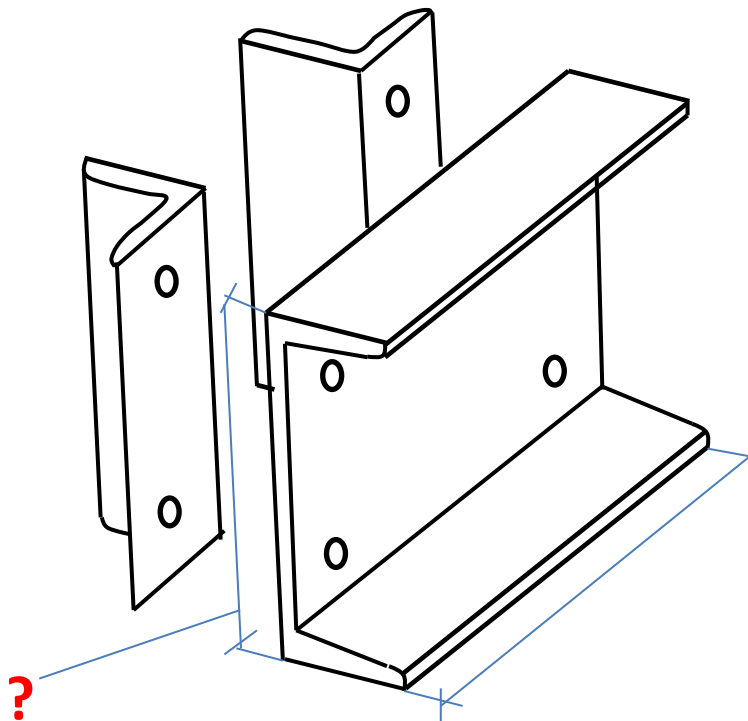
Если бы мы знали размеры накладок (расчет  
вперед) чертеж пока такой:





4. **Слева** (по размеру составного сечения – НП + 2 накладки), установим швеллер и 2 уголка, **справа** - 2 уголка

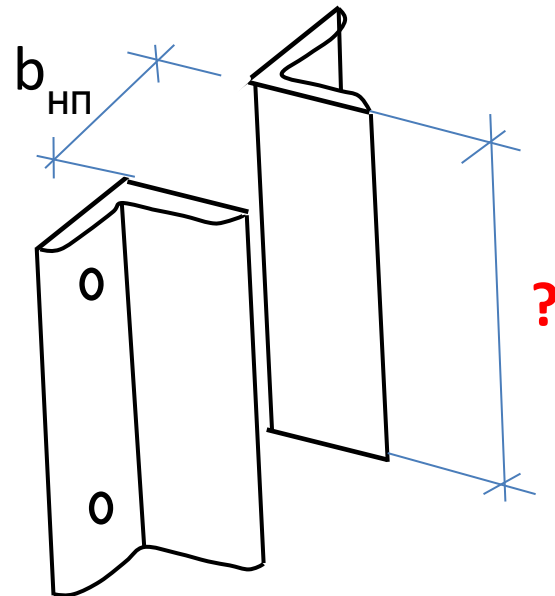
Левый торец узла



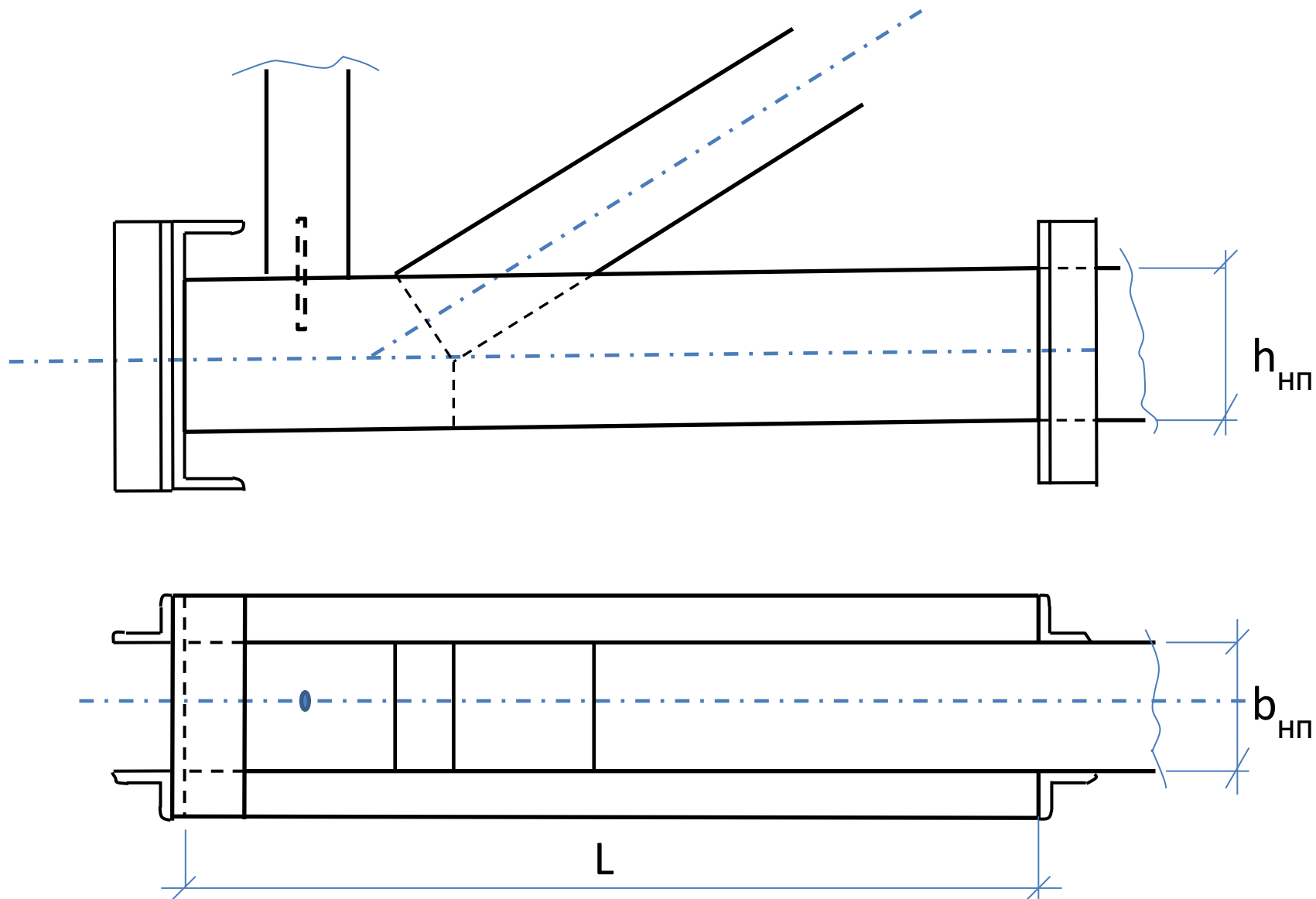
$$b_{\text{нп}} + a + a$$

Расчет +  
конструктивн

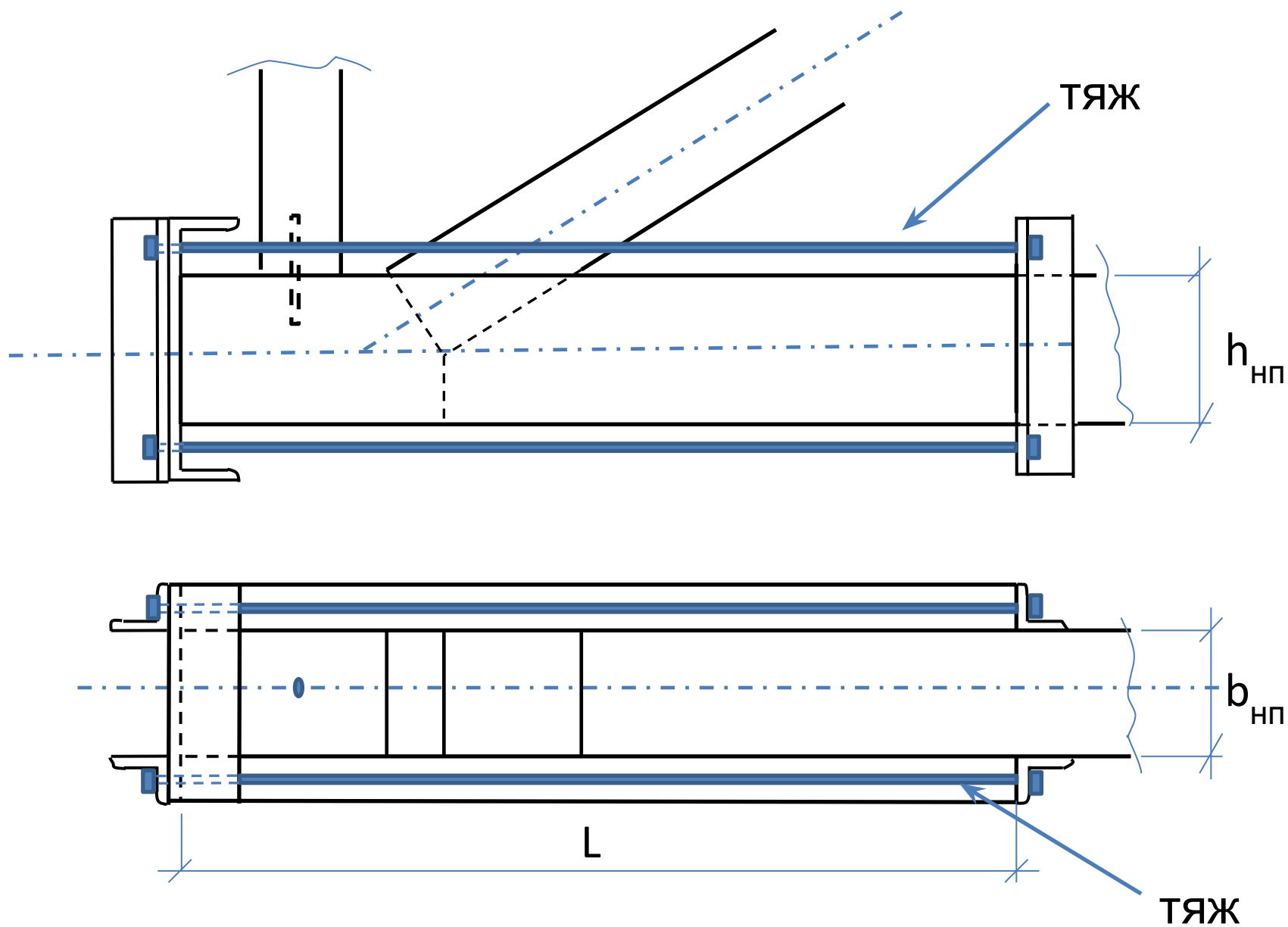
Правый торец узла



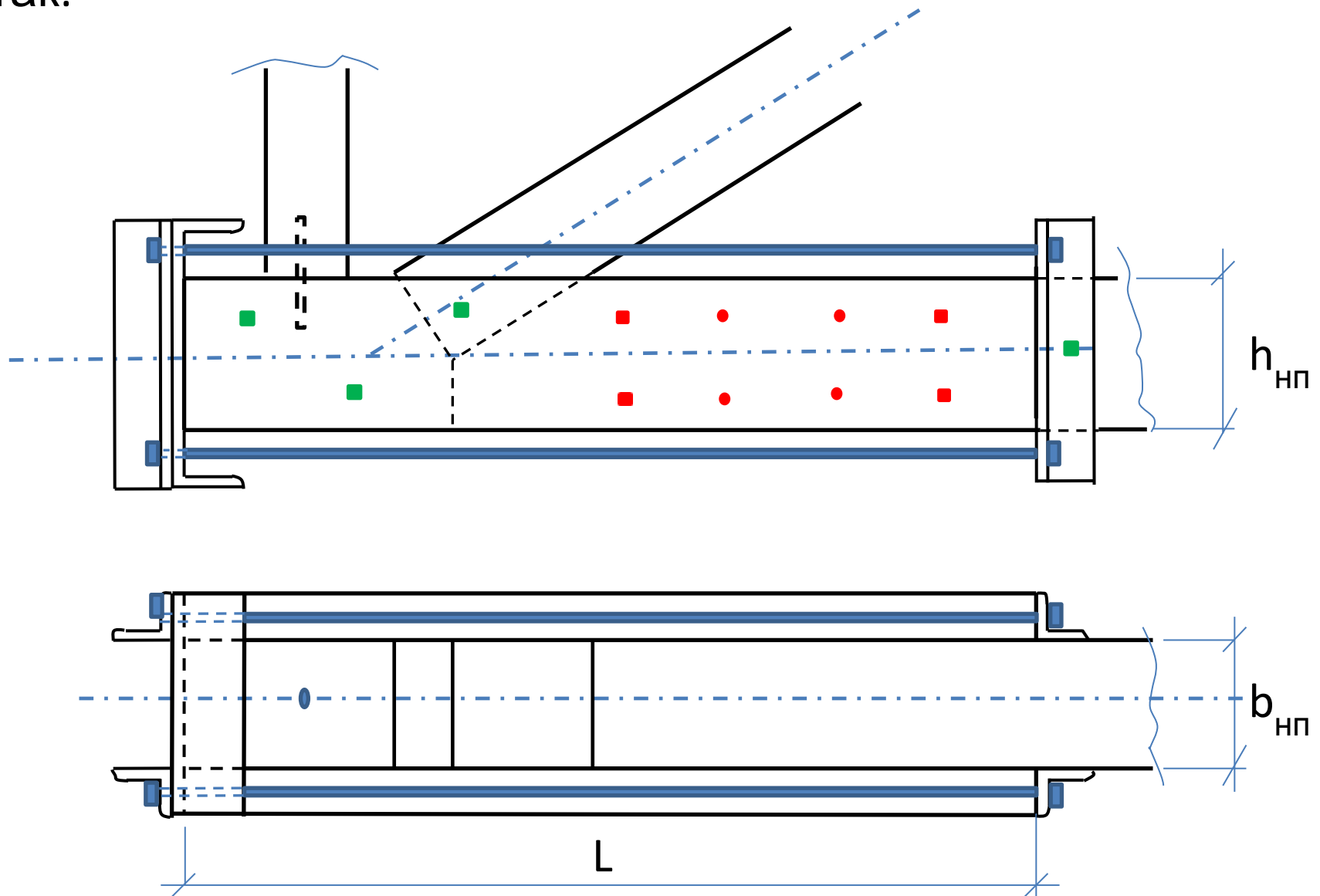
Чертеж выглядит так:



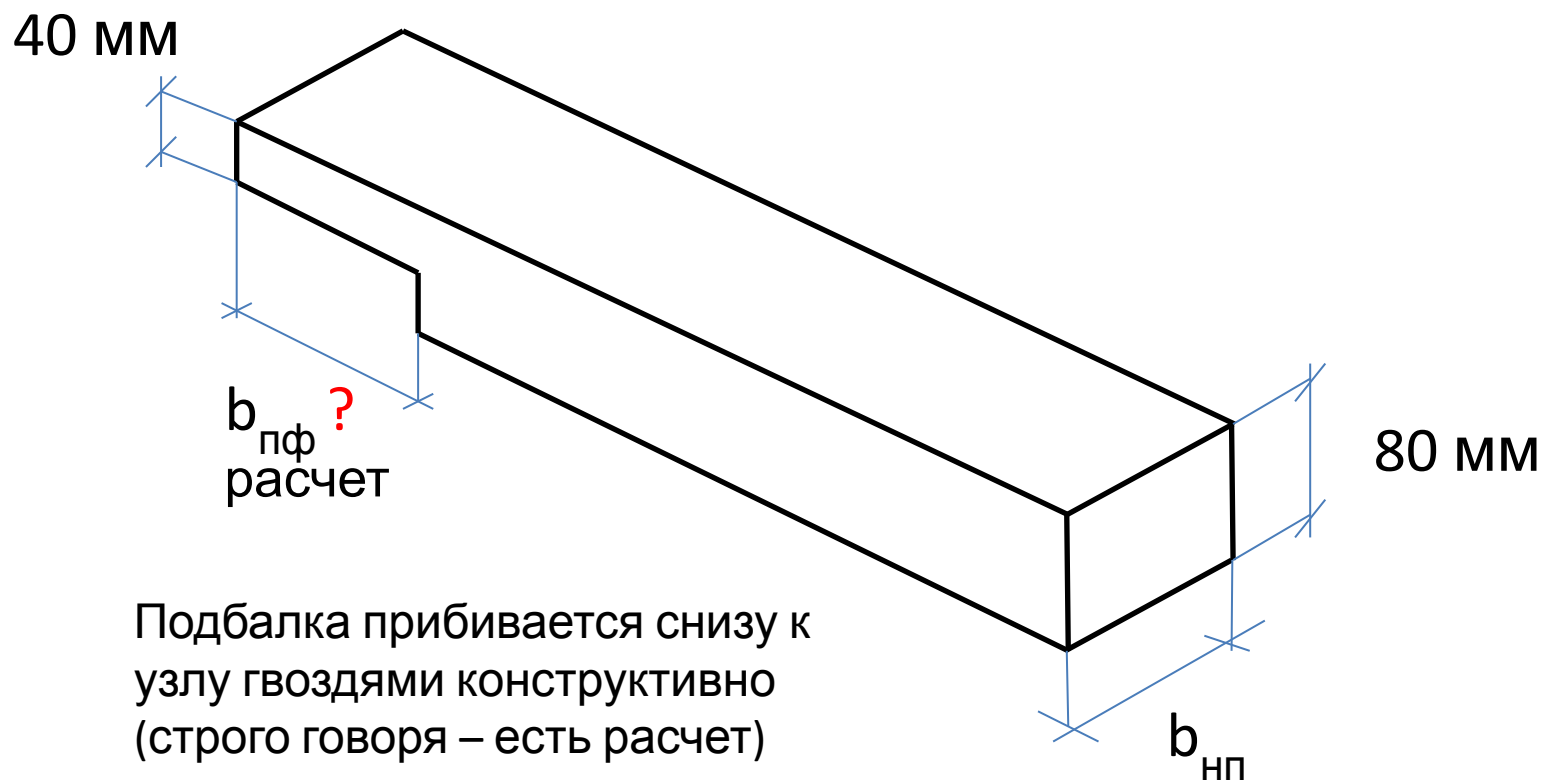
Поставим 4 натяжных хомута (тяжа) так:



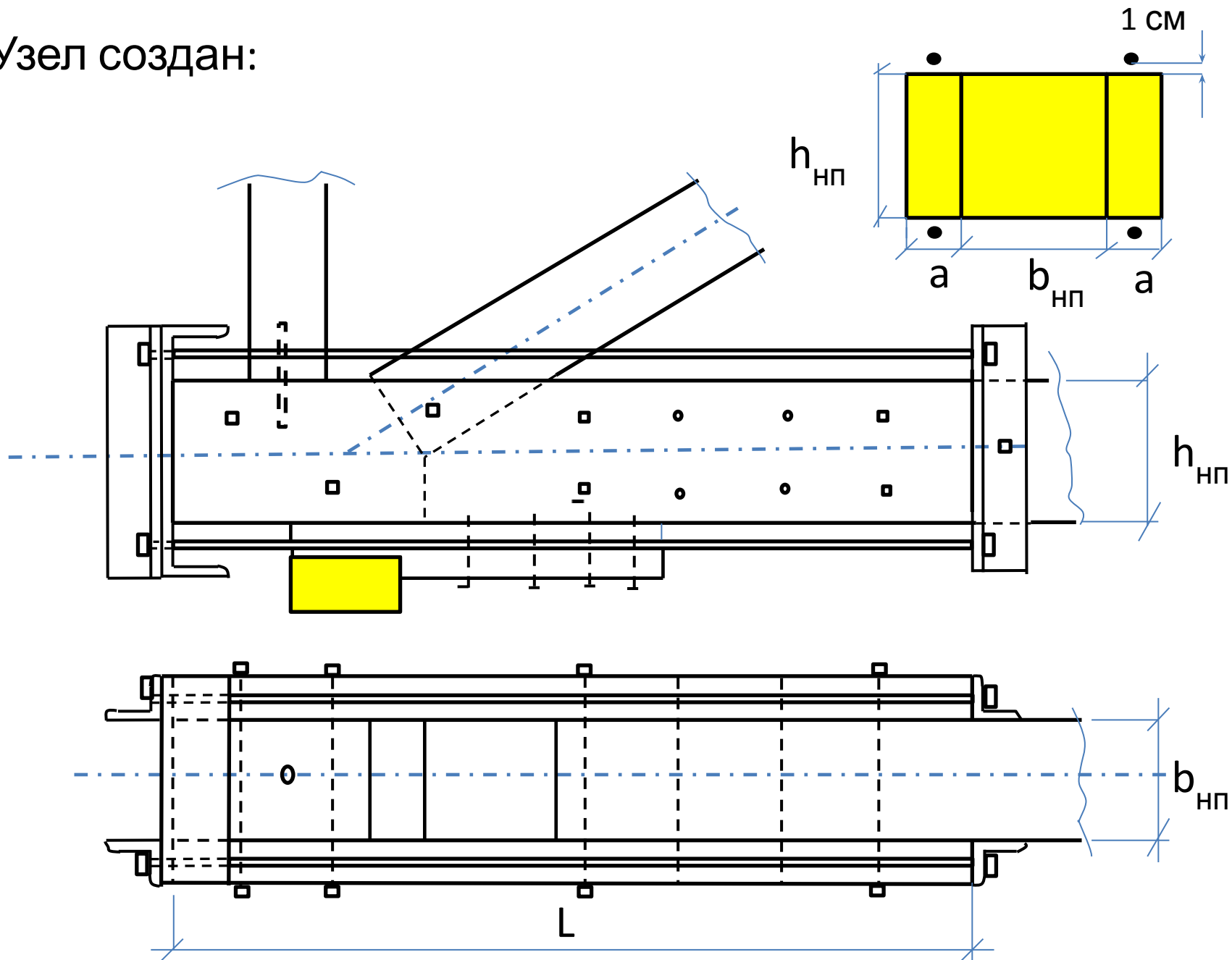
Установим стяжные болты и болты и нагели НС так:



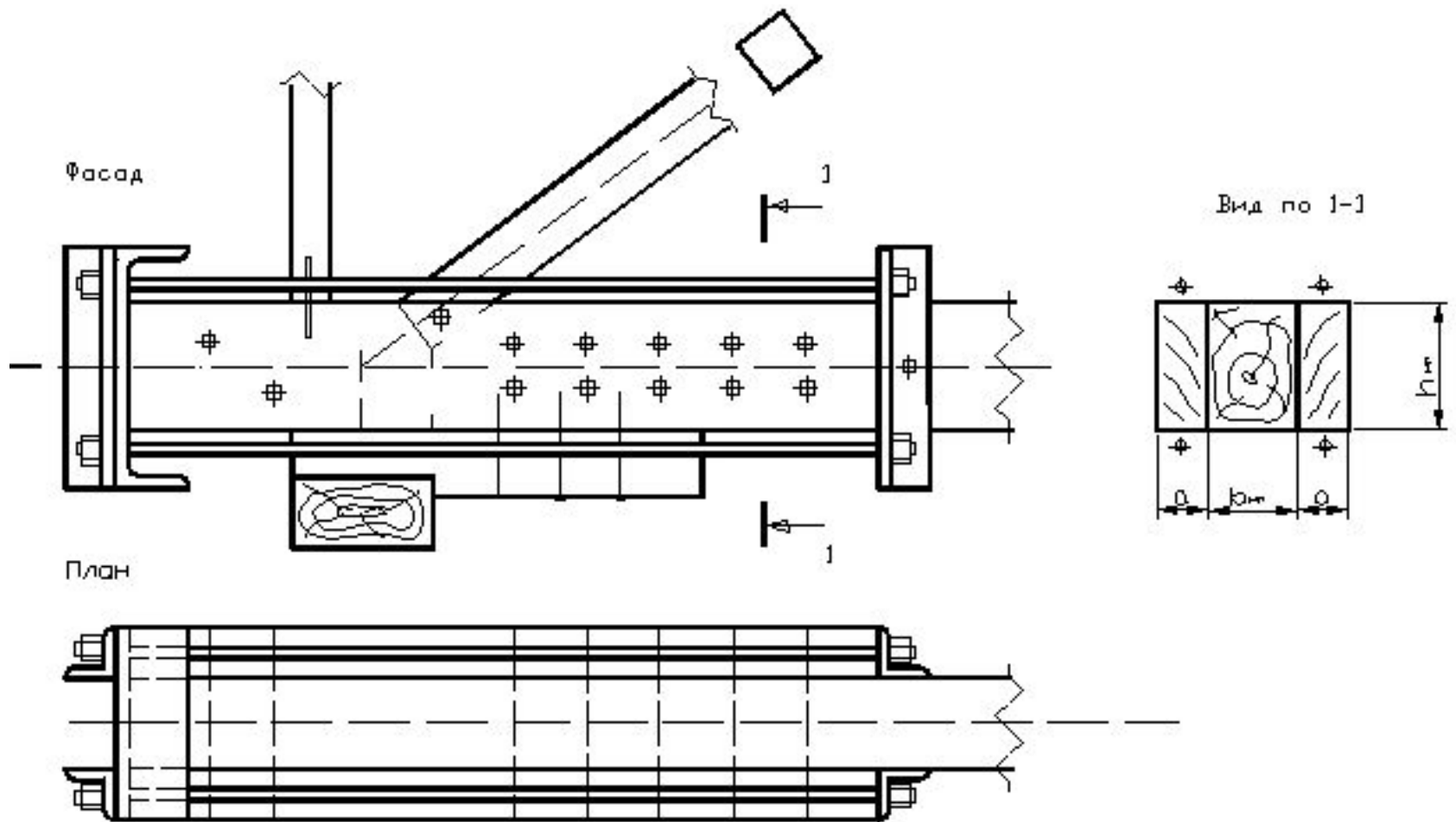
Внизу – опирание на колонну (через подбалку и подферменный брус)



Узел создан:

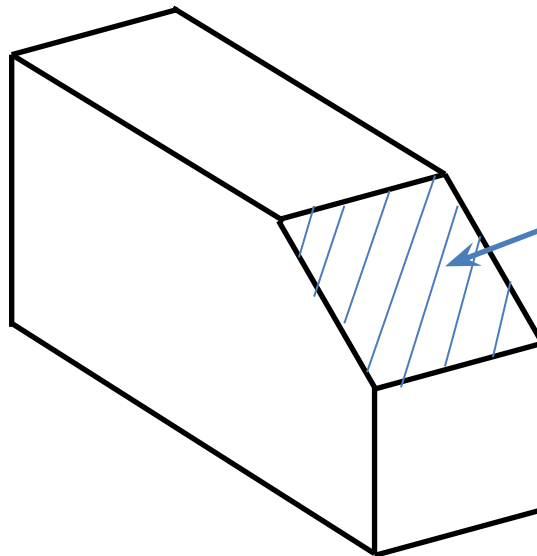


# Опорный узел на натяжных хомутах (тяжах)



# Порядок расчета опорного узла на натяжных хомутах

## 1. Проверка прочности на смятие для опорного вкладыша



Рабочая площадка смятия, смятие опаснее для вкладыша, смятие под углом  $\alpha$  (острый угол примыкания верхнего наклонного элемента)

$$\sigma = \frac{N}{b \cdot h} \leq R_{\text{сма}\alpha} ; \quad N, b, h - \text{усилие и размеры}$$

поперечника **верхнего наклонного элемента**

$R_{\text{сма}\alpha}$  - нужно считать (функция  $\alpha$ )



$$R_{\text{CM}\alpha} = R_{\text{CM}\alpha}^A m_{\text{дл}} \Pi(m_B)$$

$$R_{\text{CM}\alpha}^A = \frac{R_{\text{CM}}^A}{1 + \left( \frac{R_{\text{CM}}^A}{R_{\text{CM}90}^A} - 1 \right) \sin^3 \alpha}$$

$$R_{\text{CM}}^A = 210 \text{ кг/см}^2 \quad R_{\text{CM}90}^A = 27 \text{ кг/см}^2$$

Если проверка на смятие НЕ ПРОХОДИТ – вкладыш  
МОЖНО ИЗГОТОВИТЬ ИЗ **твердой породы (дуб)**,

тогда в формуле для определения  $R_{см\alpha}^A$  возникают  
коэффициенты, учитывающие породу древесины  $m_p$

$$\cancel{R_{см90}^A} \longrightarrow 2 \cdot R_{см90}^A$$

$$\cancel{R_{см}^A} \longrightarrow 1,3 \cdot R_{см}^A$$

## 2. Подбор сечений натяжных хомутов (тяжей)

Тяжей 4 шт. (круглая, прутковая сталь) они работают на растяжение и воспринимают усилие  $N_{НП}$  в элементе Н1 (НП)

Усилие в одном тяже:

$$N_T = \frac{N_{НП}}{4}$$

Условие прочности:

$$\sigma = \frac{N_T}{A_{НТ}} \leq R_y$$

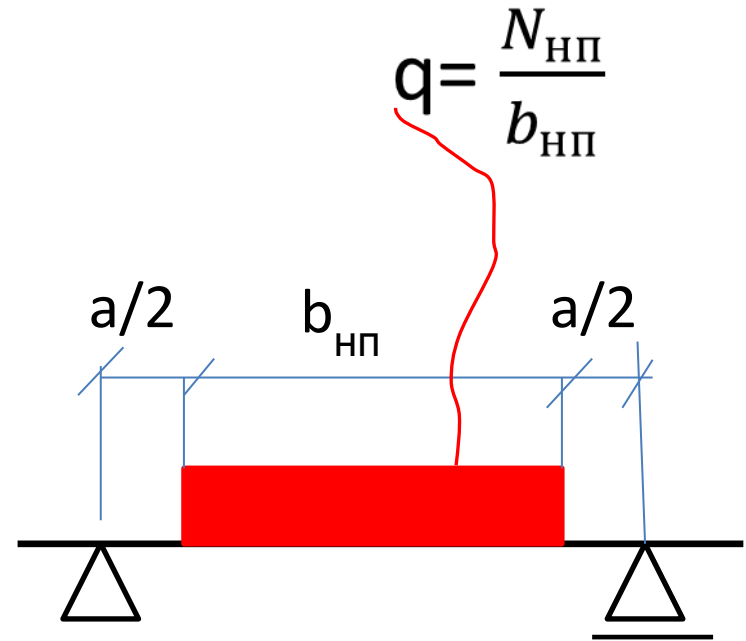
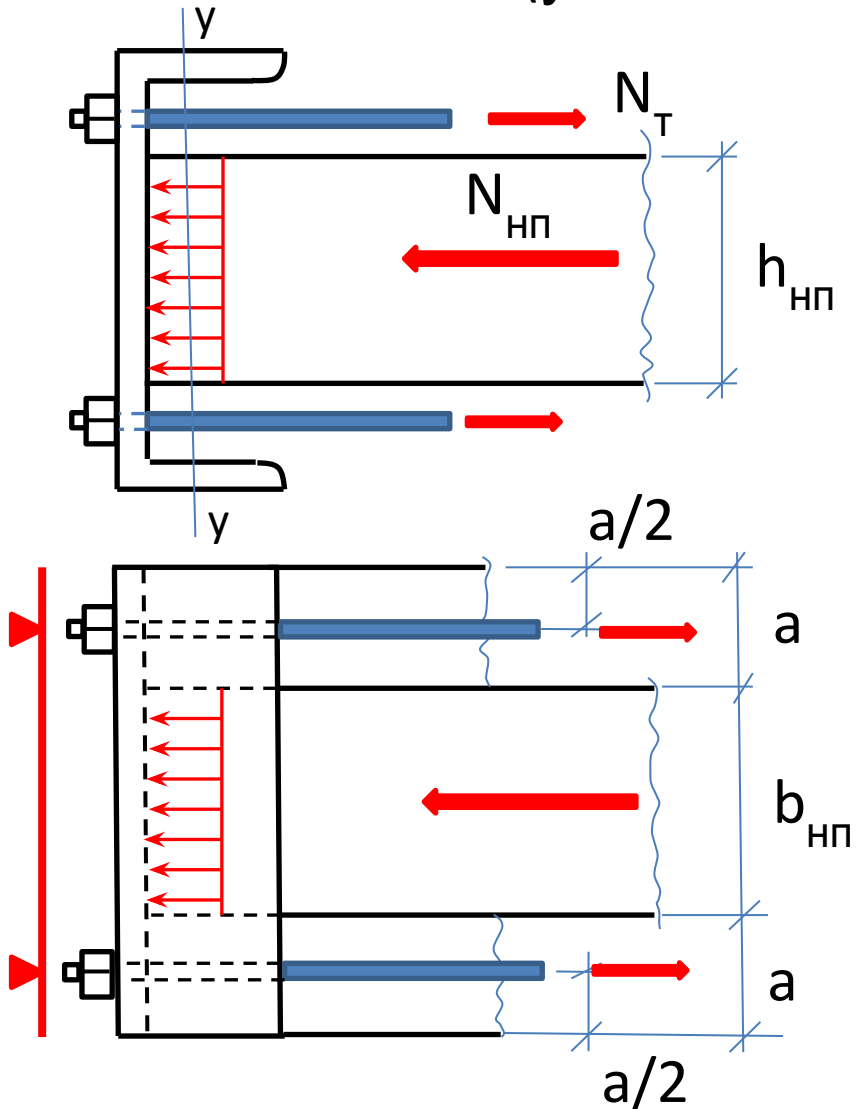
Тогда:

$$A_{НТ} \geq \frac{N_T}{R_y} \quad \longrightarrow \quad \text{по } A_{НТ} \text{ находим } d_T \quad \text{(Аналогия с расчетом стойки в ферме)}$$

$$R_y = 2100 - 2400 \text{ кг/см}^2$$

### 3. Подбор швеллера

Расчетная схема (уголки сняты):



$$M_{\text{max}} = N_{\text{T}} \left( a + \frac{b_{\text{HP}}}{2} \right)$$

$N_{\text{T}}$  - усилие в  
тяже

Швеллер работает на изгиб, условие прочности при изгибе:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_y} \leq R_y \cdot \gamma_c ; \quad R_y = 2100 - 2400 \text{ кг/см}^2, \gamma_c = 1$$

$W_y$  - берем из сортамента на **профильную сталь**

**Но как выбрать швеллер??** (номер швеллера – это его высота в см)

Есть конструктивные соображения (см. расчетную схему)

$$h \geq h_{нп} + 2d_T + 2\text{см} + 2t_{пол} = h_{нп} + (6-7 \text{ см})$$

$h = \text{№ швеллера} \longrightarrow \text{сортамент на швеллеры} \longrightarrow W_y$

**Проверка условия прочности + выводы** (обеспечена, если нет  
увеличиваем №)

## 4. Расчет деревянных накладок (НС)

• Назначим толщину накладки, из теории НС известно, что

$a \geq 6d_H$  и  $d_H \leq \frac{h_{НП}}{9,5}$  тогда по сортаменту на болты и  
тяги примем  $d_H$  а по сортаменту на пиломатериалы –  $a$

Высота накладки равна высоте пояса или  $h_{НП}$

**На что работают накладки?  На смятие по торцам**

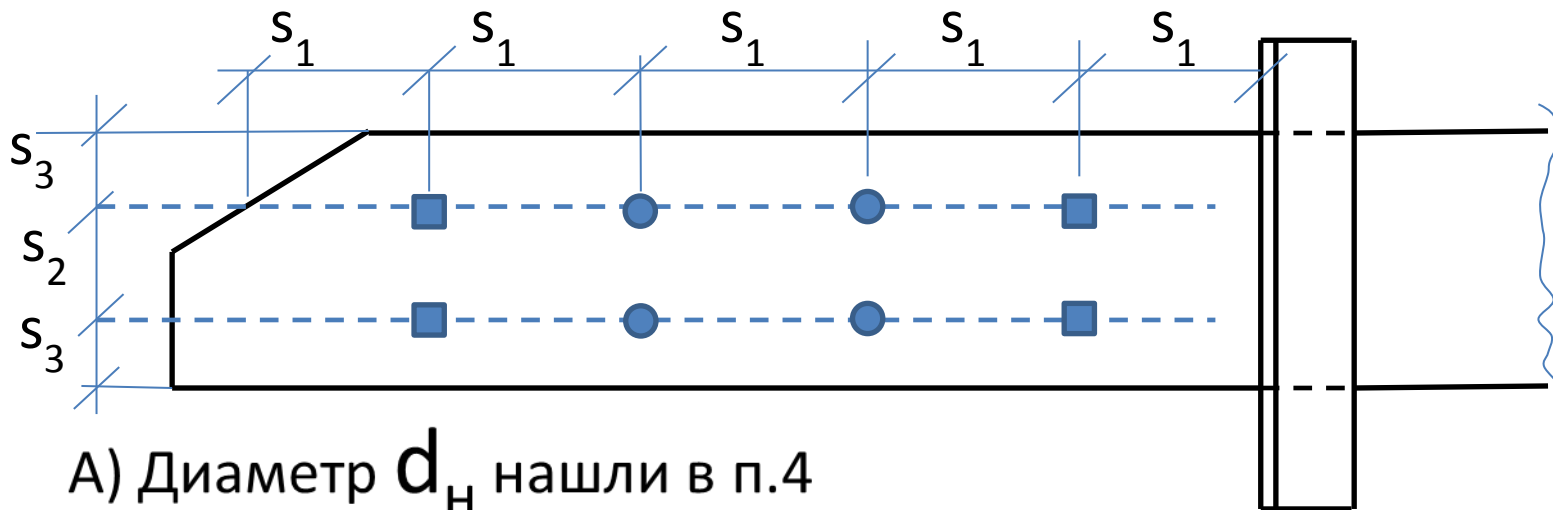
Проверим условие прочности на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{N_{НП}/2}{a \cdot h_{НП}} \leq R_{см}$$

$$R_{см} = R_{см}^A m_{дл} \Pi(m_B) \quad R_{см}^A = 210 \text{ кг/см}^2$$

## 5. Конструирование и расчет нагельного соединения

**Вопрос:** сколько нагелей (болтов), какого диаметра, как установлены???



А) Диаметр  $d_H$  нашли в п.4

Б) Количество нагелей (болтов) по теории НС:

$$n_H = \frac{N_{HP}}{T_{min} \cdot n_{cp}};$$

болтов должно быть не менее  
25% и не менее 4 штук

$N_{\text{нп}}$  – усилие в элементе Н1,  $n_{\text{ср}} = 2$  (НС симметричное)

$$T_a = 80 \cdot a \cdot d_H \text{ (кг) , размеры } a \text{ и } d_H \text{ в см}$$

$$T_c = 50 \cdot c \cdot d_H \text{ (кг) , размеры } c \text{ и } d_H \text{ в см}$$

**$T_{\text{min}}$**

$$T_{\text{и}} = 220 \cdot d_H^2 + 2,5a^2 \text{ но не более } 310 \cdot d_H^2$$

**берем**

Найденное  $n_H$  округляем в большую сторону до четного

**Конструктивный диапазон:**  $8 \leq n_H \leq 14$

**!!!** Если расчетное значение  $n_H$  мало, можно уменьшить  $d_H$



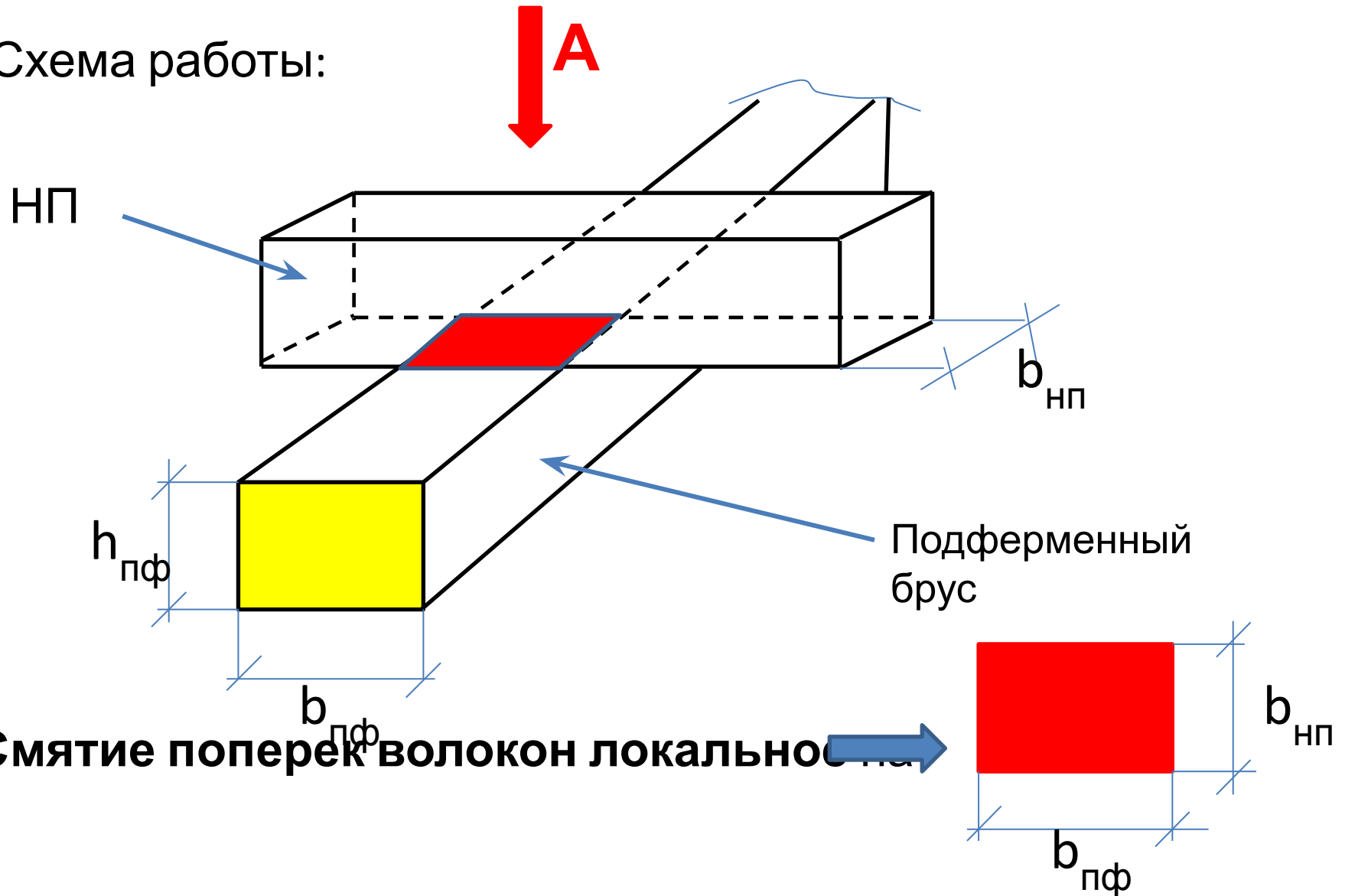
6. Конструирование и расчет уголков (в правой части узла)

**Уголки** работают на **изгиб** (расчет приведен в пособии),  
Расчет можно **НЕ ВЫПОЛНЯТЬ** (учебный проект) - но  
**подобрать уголок конструктивно** надо....**Как????**

- Уголок может быть равнобокий или неравнобокий
- Длина пера уголка  $\geq$  толщине накладки **a !!!**

# 7. Определение поперечного сечения подферменного бруса

Схема работы:



$$R_{\text{см90}}^A = 45 \text{ кг/см}^2$$

Условие прочности на смятие запишем как:

$$R_{\text{см90}} = R_{\text{см90}}^A m_{\text{дл}} \Pi(m_{\text{в}})$$

- $$\sigma_{\text{см}} = \frac{A}{b_{\text{пф}} \cdot b_{\text{нп}}} \leq R_{\text{см90}}$$

$A = 3(G + P)$  – треугольная ферма,  $G$  и  $P$  – нагрузки на ферму

$A = 4(G + P)$  – полигональная ферма

$$b_{\text{пф}} \geq \frac{A}{b_{\text{нп}} \cdot R_{\text{см90}}} = \dots \longrightarrow \text{сортамент на}$$

пиломатериал

ы

$$h_{\text{пф}} = b_{\text{пф}} \text{ или}$$

$$h_{\text{пф}} = 0,75 b_{\text{пф}}$$

Кроме расчетов в ПЗ нужен чертеж на А4

3 проекции узла масштаб 1:10