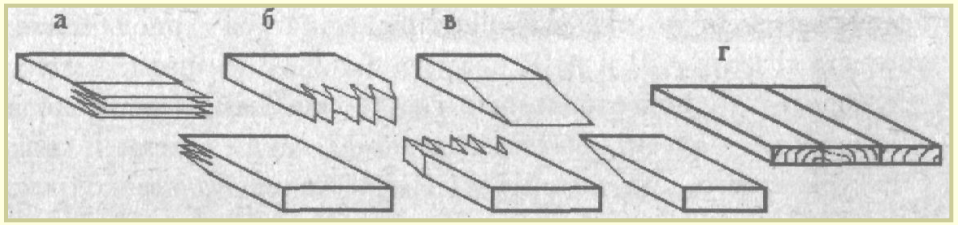
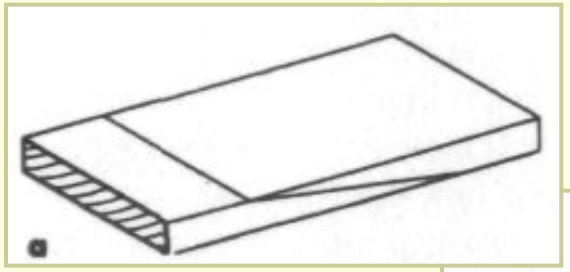
ЛЕКЦИЯ 13

4.4. Клеевые соединения

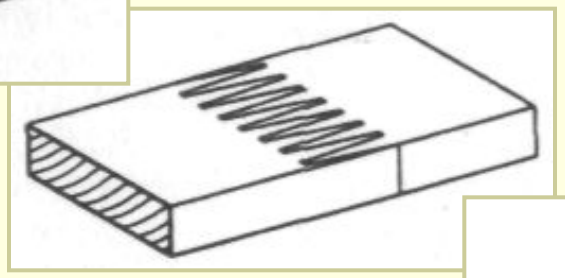
Клеевые соединения -

- Основной вид соединений при заводском изготовлении конструкций.
- При обеспечении прочности клеевого шва не менее прочности древесины: соединение неподатливое – **клееные элементы рассчитываются как элементы цельного сечения**.

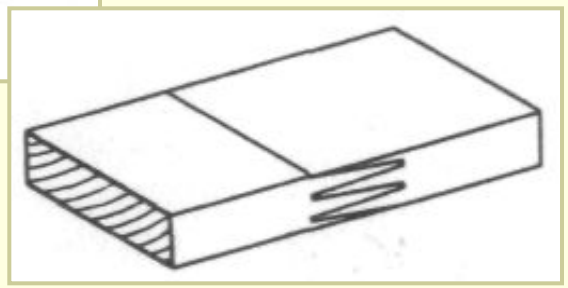




Соединение на «ус»



Горизонтальный зубчатый шип

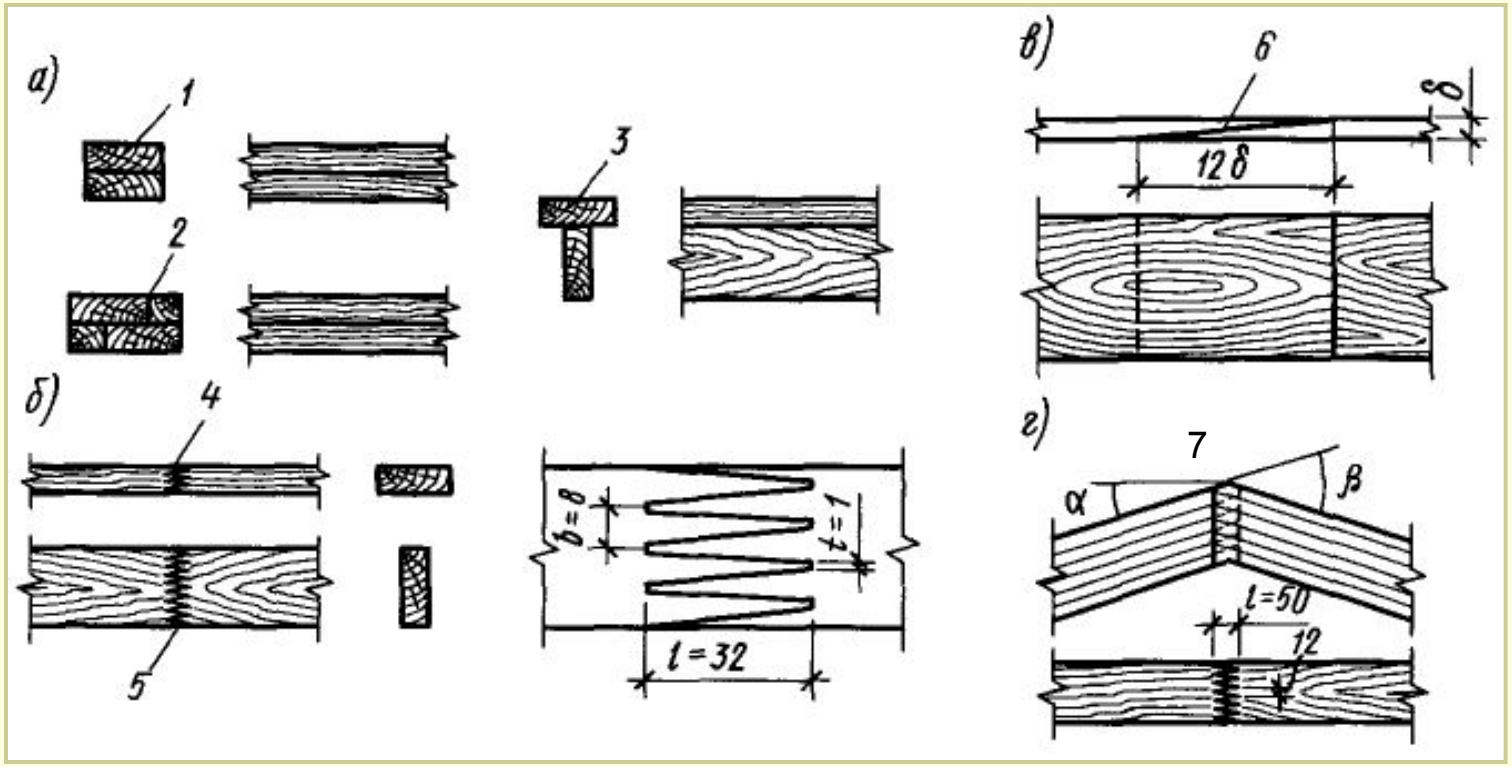


Вертикальный зубчатый шип

- Клеевые соединения:

а — поперечные стыки; *б,в* — продольные стыки; *г* — угловой стык;

1 — стык по пластям; 2 — стык по кромкам; 3 — по пласти и кромке; 4 — вертикальный зубчатый шип; 5 — горизонтальный зубчатый шип; 6 — стык фанеры на «ус»; 7 — угловой зубчатый шип.

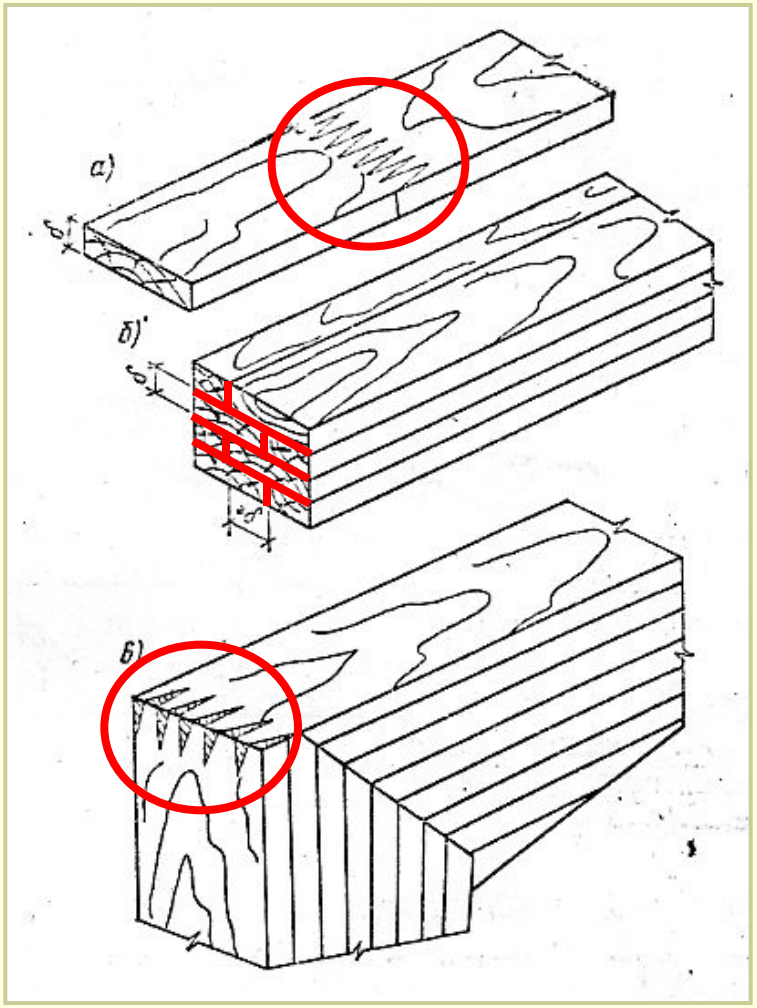


- Клеевые соединения используются:

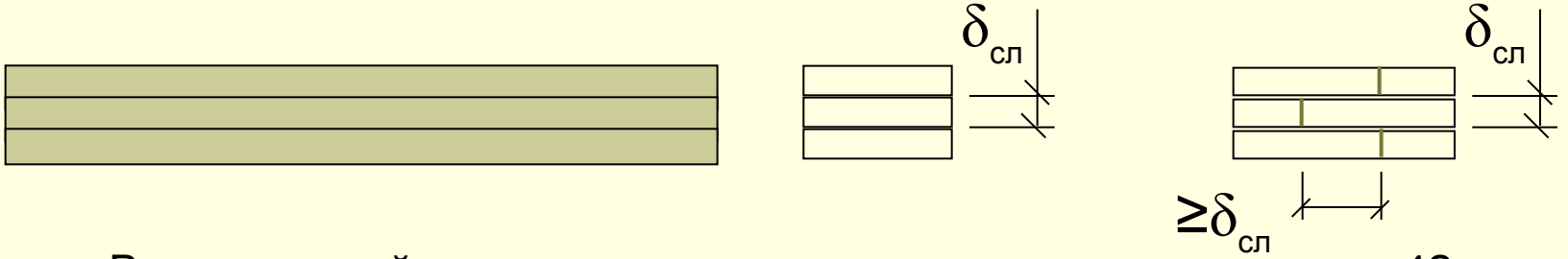
а) для стыкования отдельных слоев клееного пакета по длине на зубчатом шипе;

б) для образования сплошного сечения, сплачивая слои по высоте и ширине сечения;

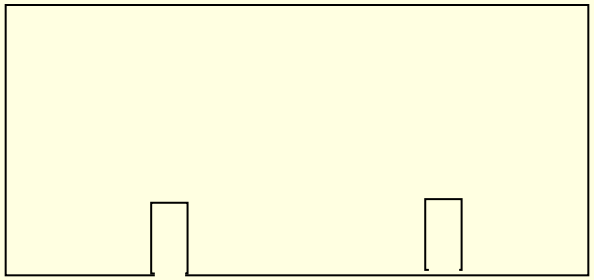
в) для стыкования клееных пакетов, сопрягаемых под углом, на зубчатый шип по всей высоте сечения.



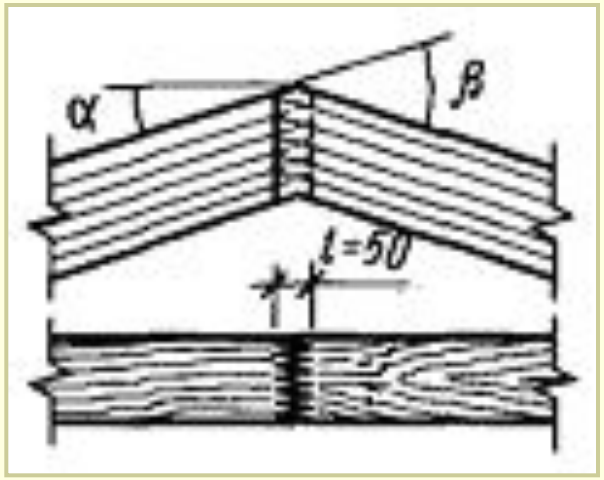
- Толщину склеиваемых слоев следует принимать **не более 33…34 мм**.

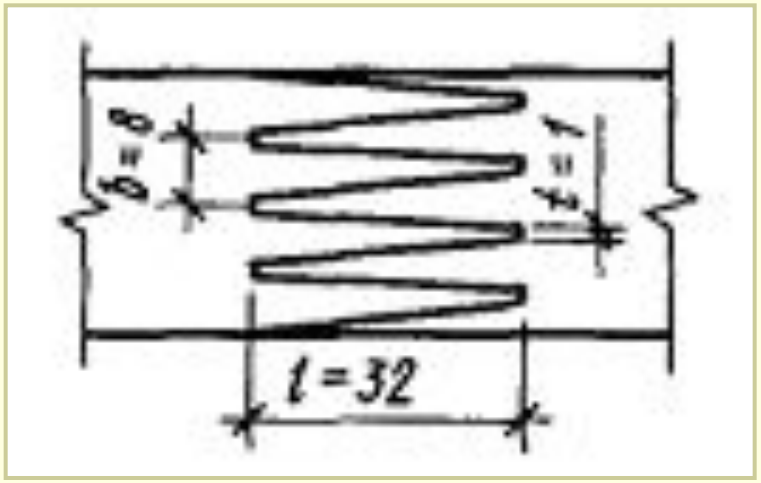


- В прямолинейных элементах допускается толщина слоя до 42 мм при условии устройства в них пропилов.

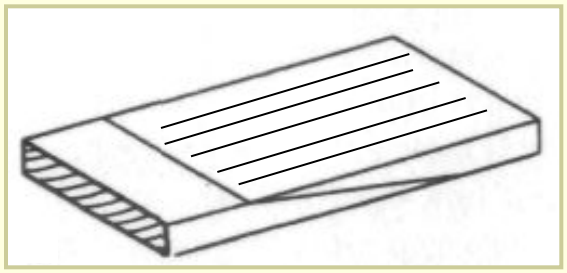


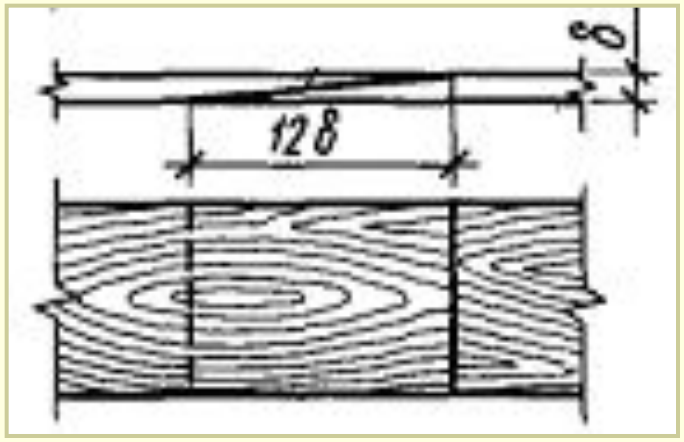
- Величина внутреннего угла между осями сопрягаемых под углом элементов должна быть не менее 104°



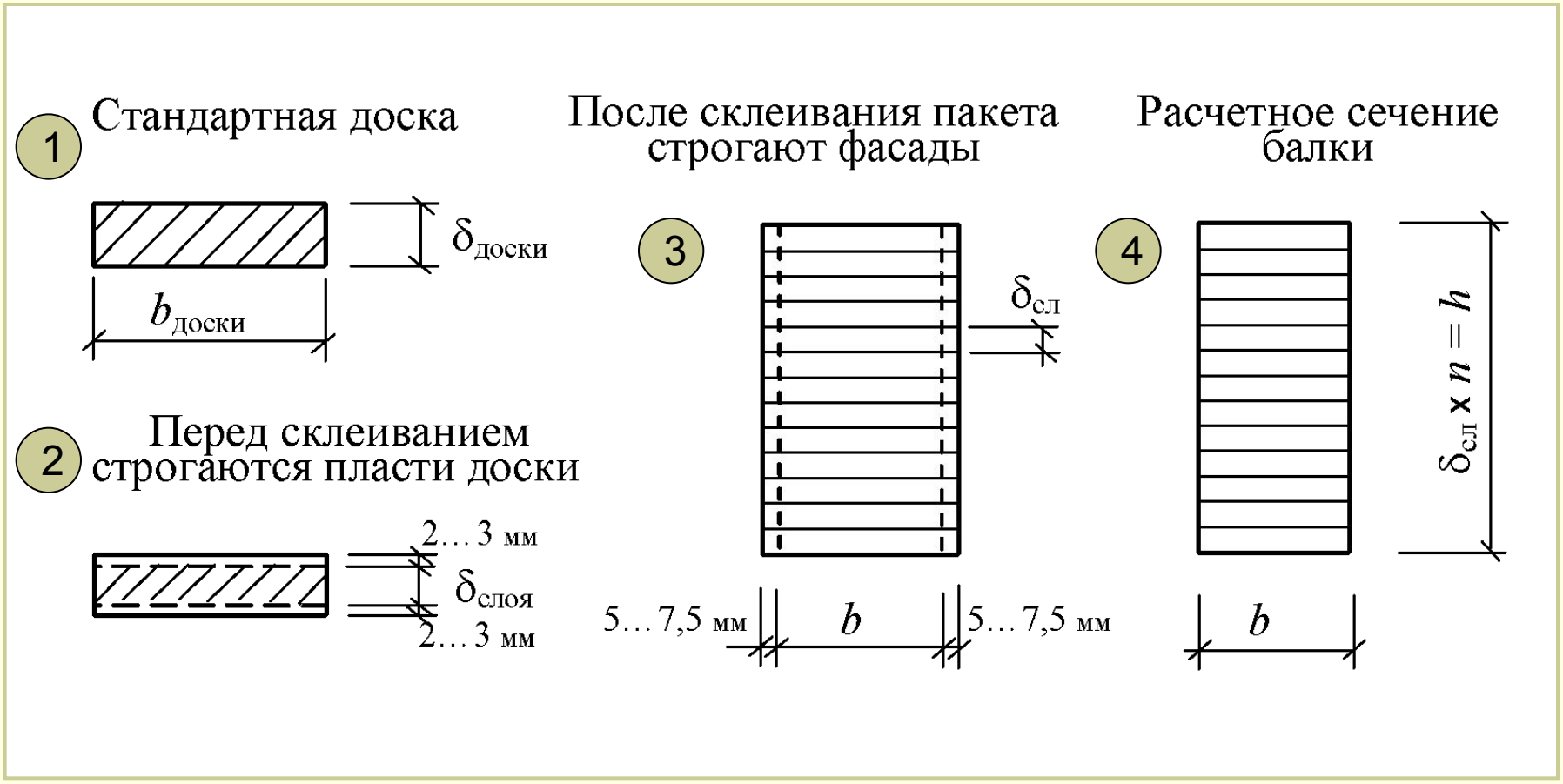


- Применение соединения на «ус» допускается для фанеры вдоль волокон наружных шпонов (слоев)



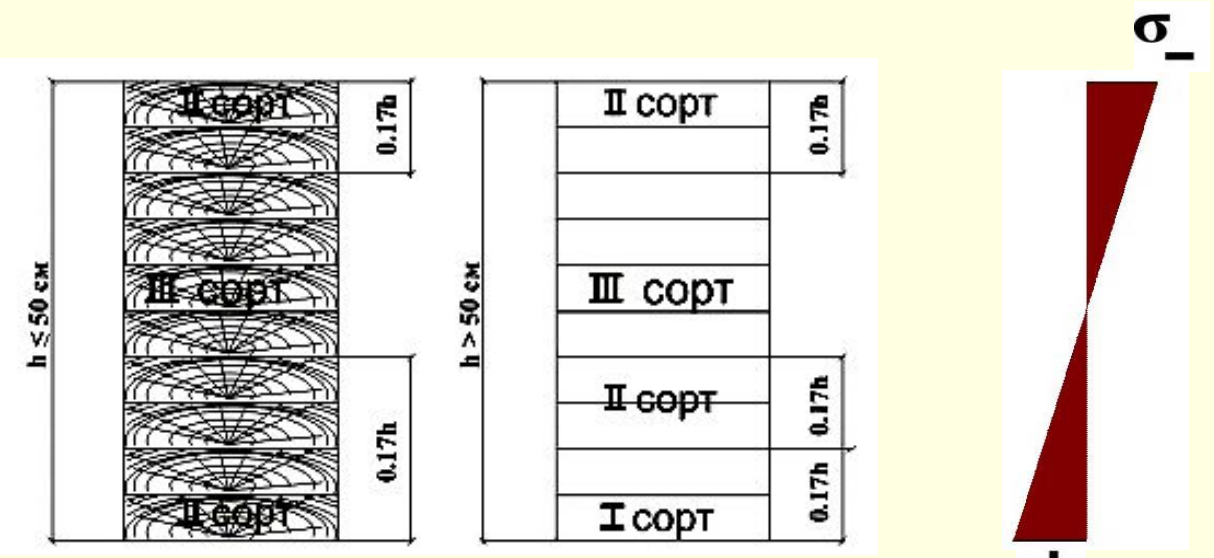


- Формирование клееного пакета:



Достоинства:

- Возможно рациональное размещение по высоте поперечного сечения пиломатериала различного качества (в соответствии с напряженным состоянием).

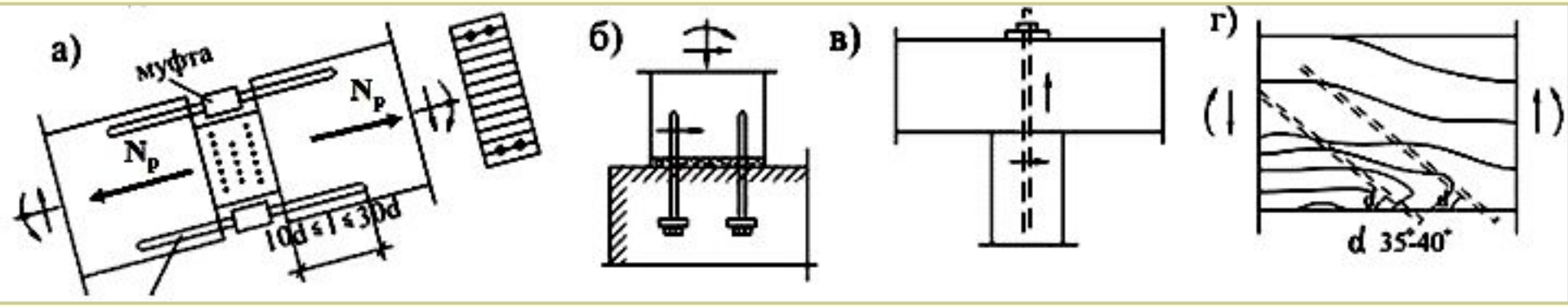


- Применение мелкоразмерного материала позволяет создавать конструкции ьших пролетов, различного очертания по пролету и различных форм сечения.
- Снижается влияние пороков из-за их дробного расположения по сечению.
- Снижаются внутренние усушечные напряжения и растрескивание элементов сводится к минимуму.
- Клеевые соединения рассматриваются как неподатливые – рассчитываются как элементы цельного сечения.

4.5. Соединения на вклеенных стержнях

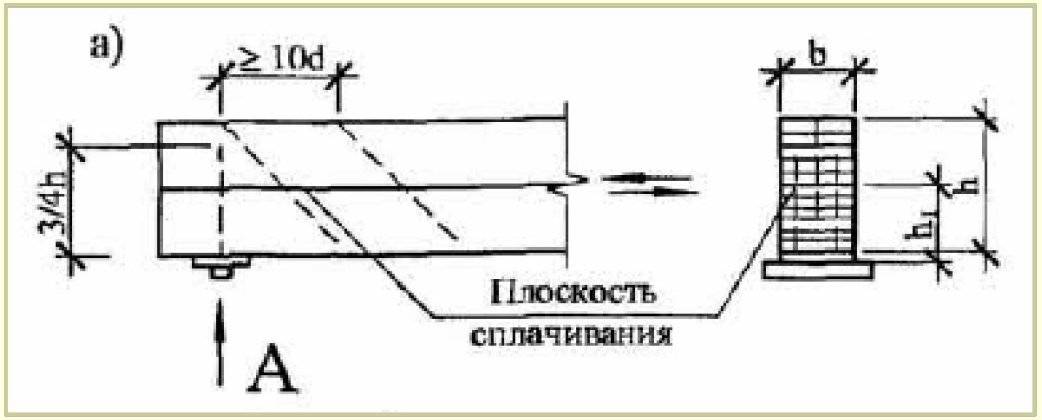
- **Область применения вклеенных стержней:** в узловых соединениях для сплачивания и наращивания элементов, для ремонта и усиления, для армирования.
- Используют очищенную от ржавчины и обезжиренную стальную арматуру периодического профиля классов А300…А400 диаметром 14…25 мм. Допускается использовать арматуру А240 со сплошной нарезкой резьбы по длине вклеивания.
- Вклеиваются в прямоугольные или круглые пазы составом на основе эпоксидной смолы ЭД20 с наполнителем молотым песком (маршалитом).
- Предпочтительно наклонное расположение стержней. Продольное вклеивание необходимо сочетать с поперечным расположением стержней.
- Допускается применять в условиях эксплуатации А1, А2, Б1, Б2.
- Стержни могут располагаться:

вдоль волокон поперек волокон под углом к волокнам

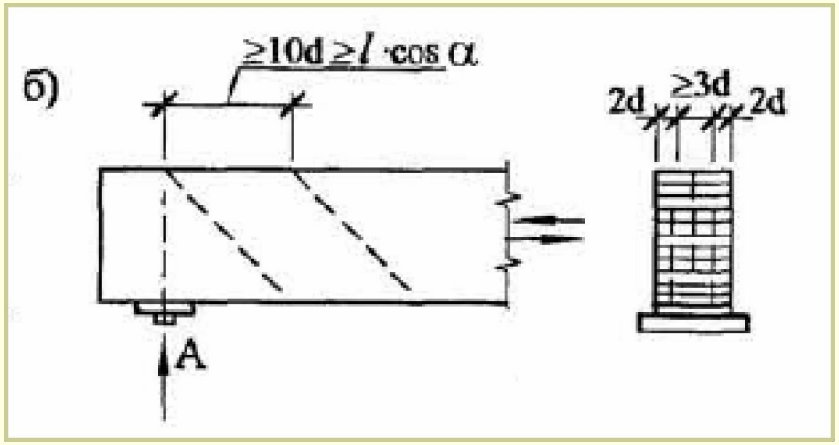


- используются:

а) как связи в составных элементах



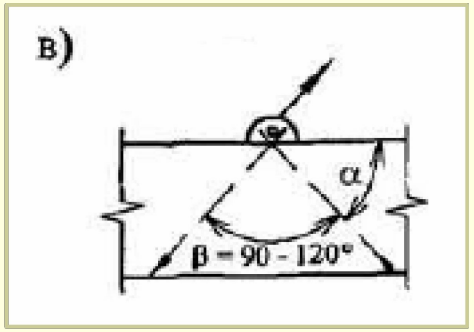
б) для повышения прочности на сдвиг клееной балки

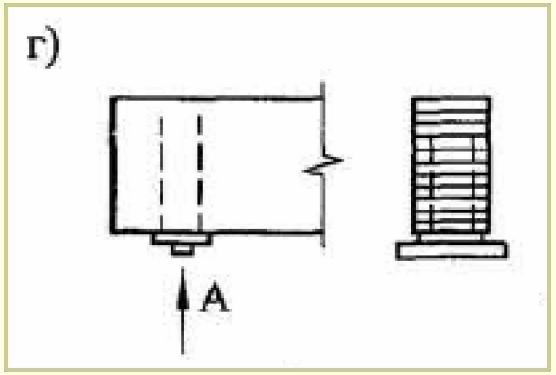


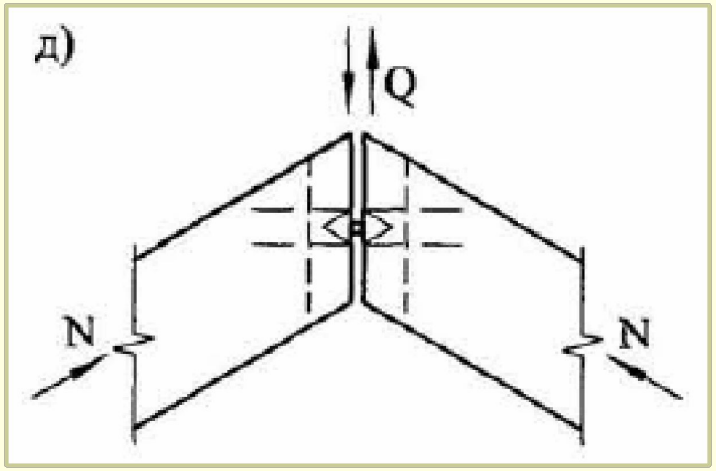
- в) для анкеровки закладных деталей

г) в опорных узлах конструкций

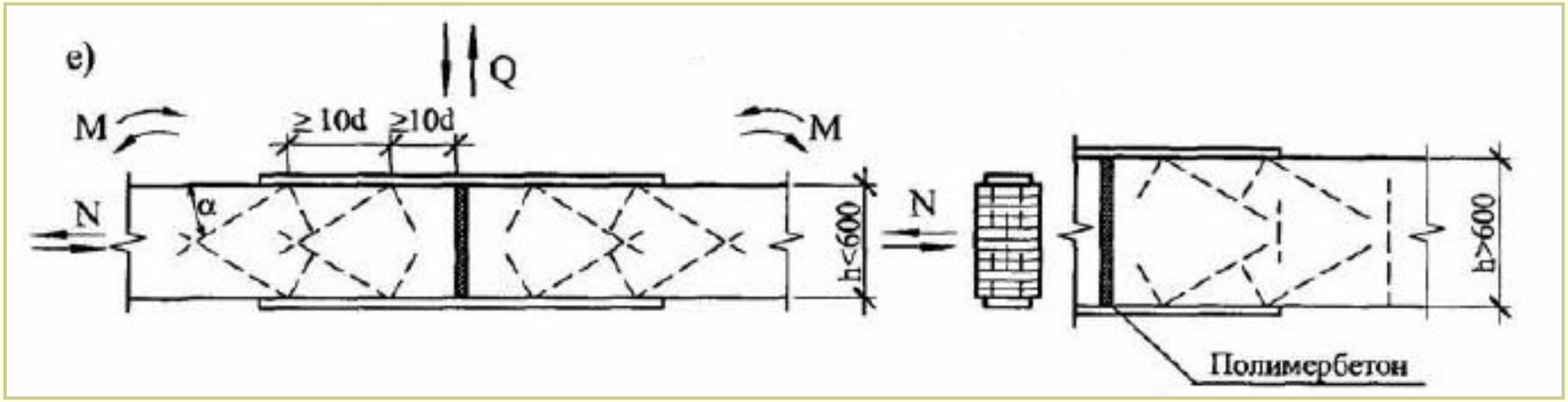
д) в коньковых узлах конструкций



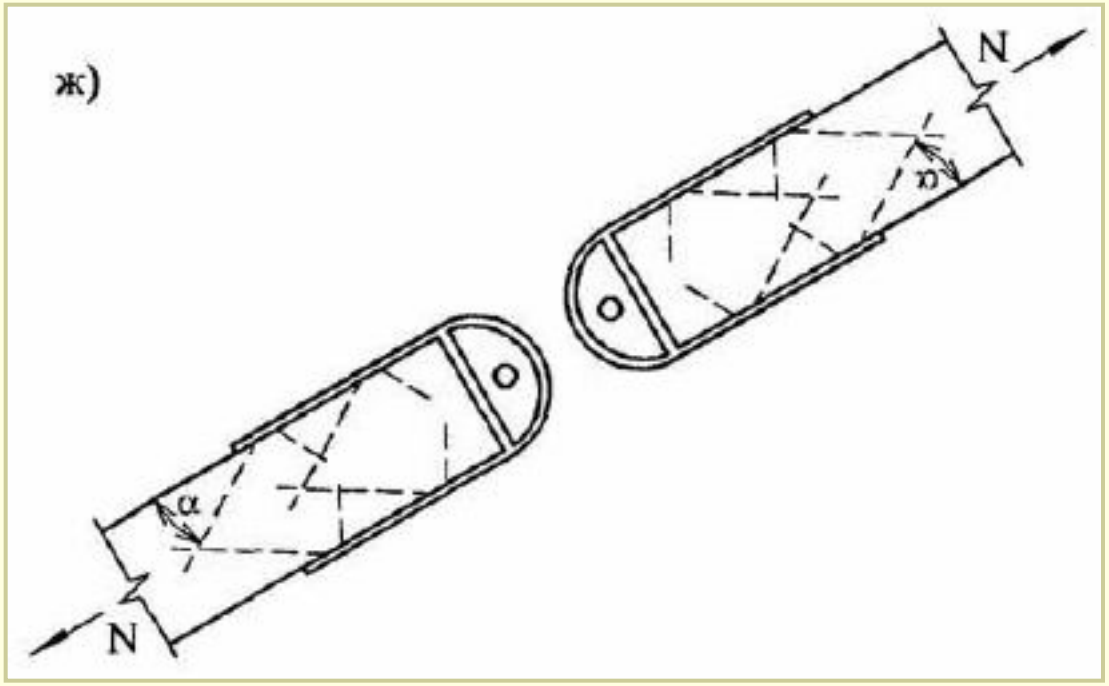




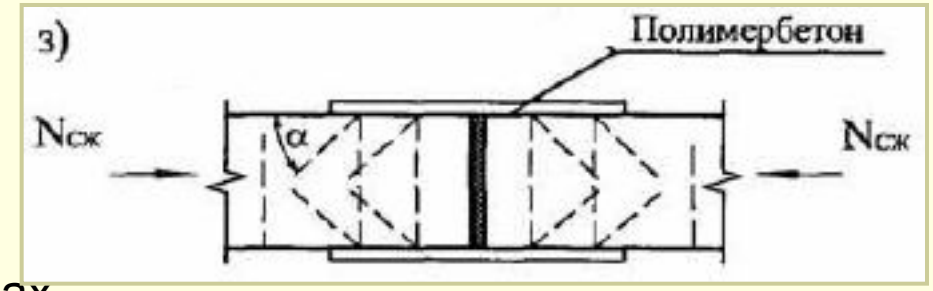
- е) в симметричных жестких стыках сжатых, растянутых, изгибаемых элементов



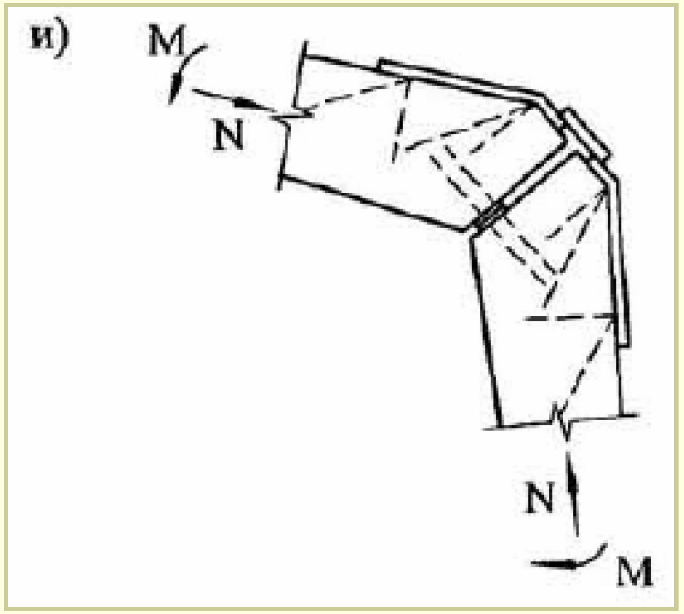
- ж) в растянутых стыках



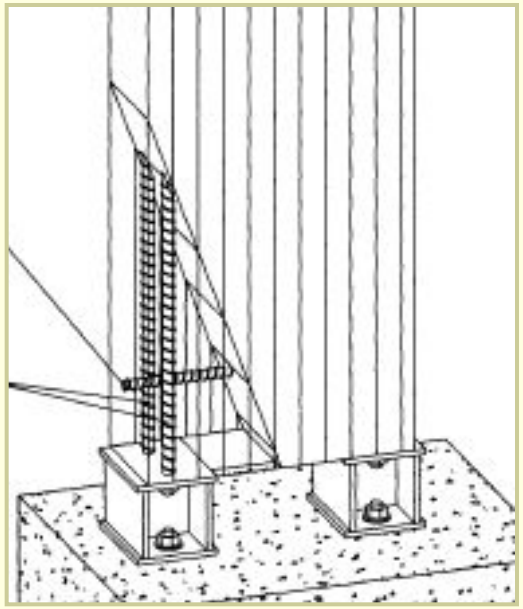
- з) в сжатых стыках с полимербетоном

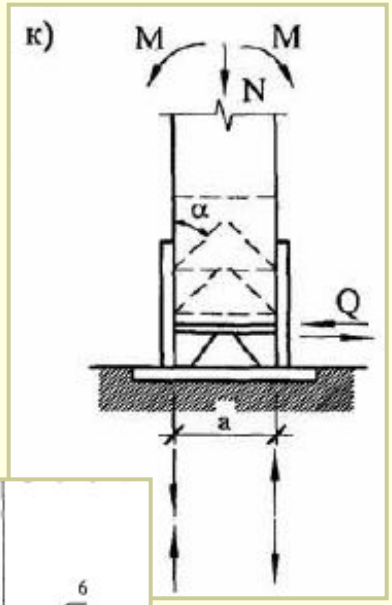


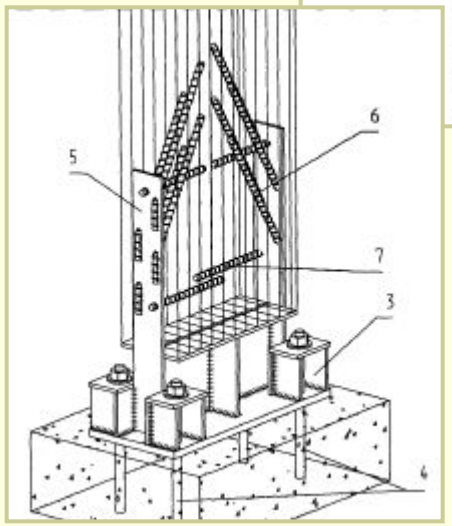
- и) в несимметричных узлах полигональных элементов (карнизные узлы трехшарнирных рам)

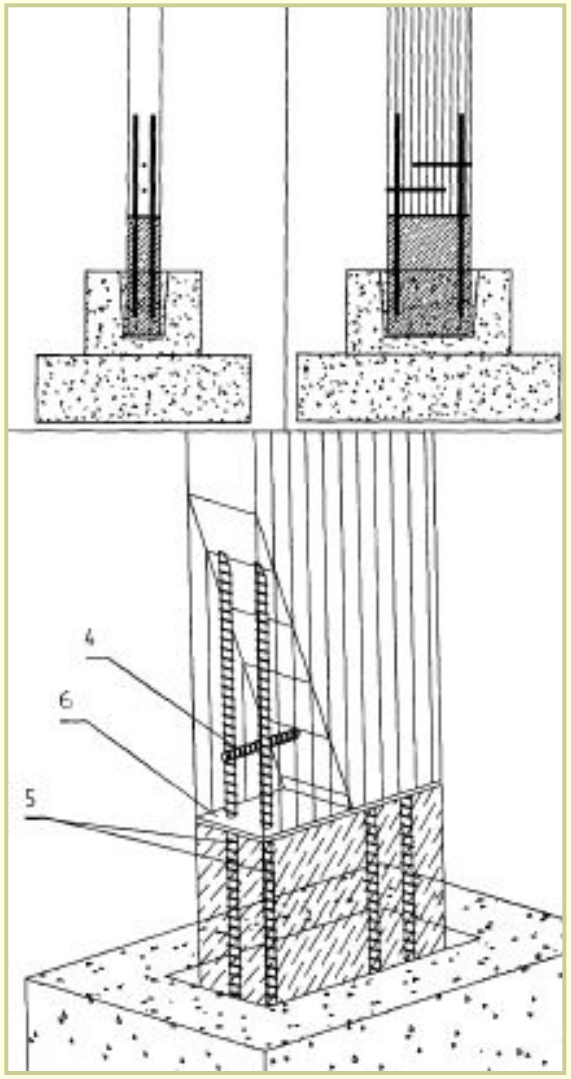


- к) для защемления стоек в фундаменте







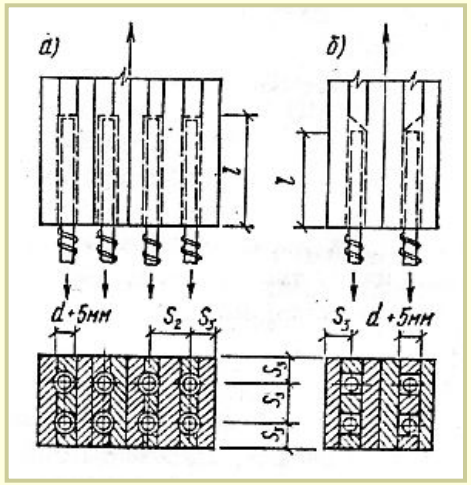


- Правила расчета и конструирования соединений на вклеенных стержнях приведены в пунктах СВОДА ПРАВИЛ:

  7.30 – 7.52 СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции»

- Рассматривают 3 расчетных случая:
- 1 – соединения на стержнях, вклеенных **вдоль волокон** древесины;
- 2 – соединения на стержнях, вклеенных **под углом** к волокнам;
- 3 - соединения на вклеенных **стальных нагелях**.

Расчетная несущая способность вклеиваемого стержня на выдергивание или продавливание вдоль и поперек волокон в соединениях из сосны и ели



$$T = n \cdot R \pi d_1 (\ell - 4d) k_c m_d \leq N_p,$$

где:

n – количество стержней;

R – расчетное сопротивление древесины выдергиванию вклеенного стержня, принимается равным 4,5 МПа.

d_1 – диаметр отверстия, м;

L – длина заделываемой части, м;

d – диаметр вклеиваемого стержня, м;

k_c – коэффициент, учитывающий неравномерность напряжений сдвига, k_c=0,6;

m_d – коэффициент, учитывающий зависимость расчетного сопротивления от диаметра стержня. m_d = 1,12 – 10d.

Требуемая площадь стержней $A_{тр} = N_p / R_y \gamma_c$.

- Общие указания по конструированию:
  - влажность древесины ≤ 12 %;
  - диаметр отверстий на 5 мм больше диаметра стержней;
- Расстояние между осями стержней, вклеенных вдоль волокон, не менее:

  $S_2 = 3d$;

  до наружных граней

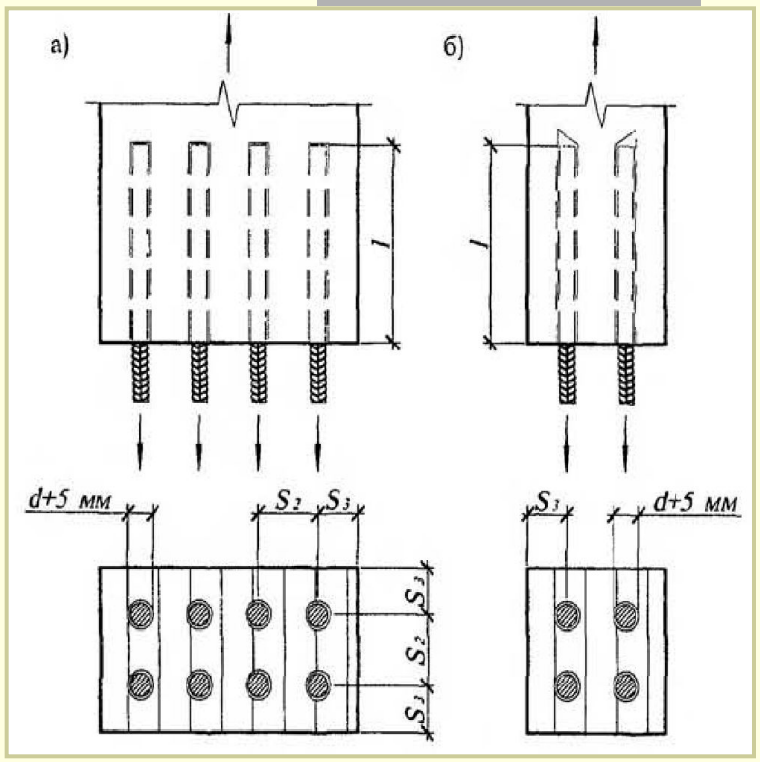
  $S_3 = 2d$.

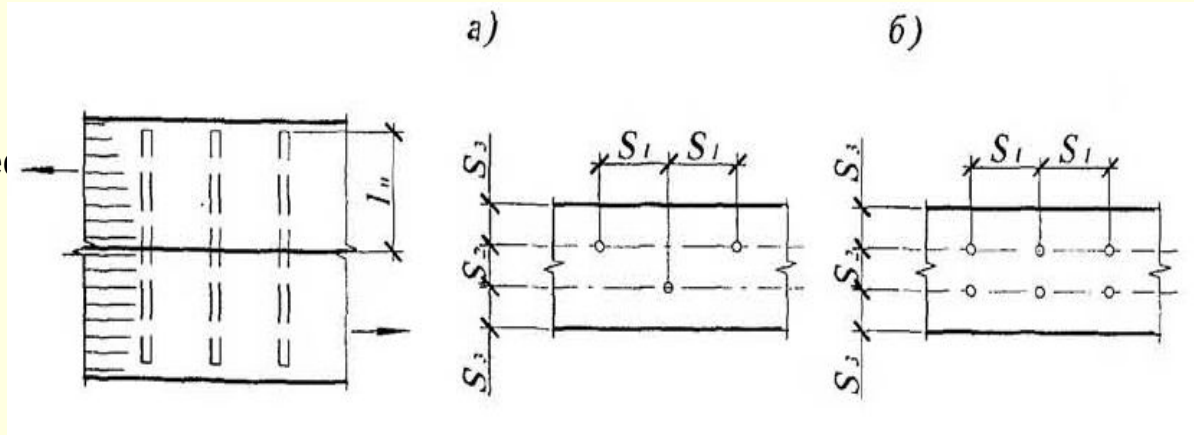
- Расстояние между осями вклеенных нагелей, не менее:

  $S_1 = 8d$; $S_2 = 3d$;

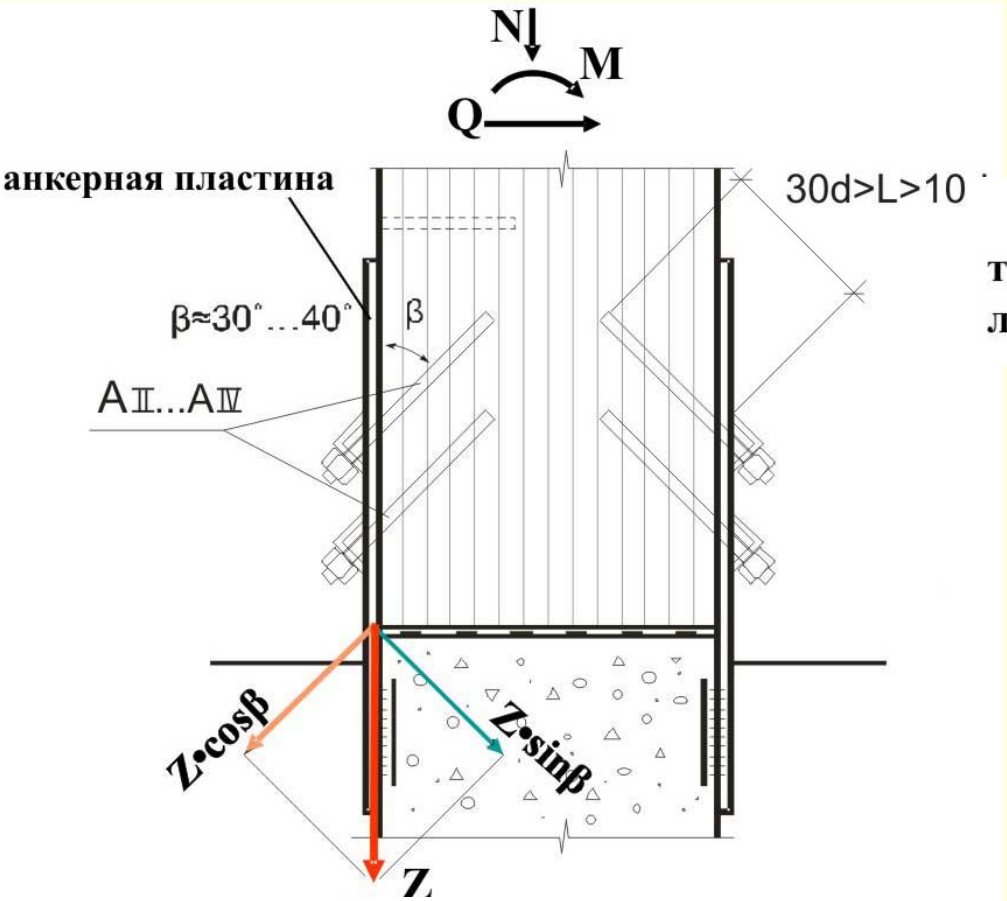
  от кромки элемента не менее

  $S_3 = 3d$





Жесткий опорный узел стойки на вклеенных стержнях



Наклонно вклеенные стержни работают на растяжение с изгибом от составляющих опорной реакции Z.

Оценка несущей способности осуществляется по формуле:

$$\left(\frac{Z\cos\beta}{nT_a}\right)^2+\frac{Z\sin\beta}{nT_и}\le 1,$$

где $T_a=F_aR_s$ – несущая способность нагеля на растяжение;

$T_и=4,0d^2$ – несущая способность нагеля на изгиб для стержней из АII при болтовом соединении;

$T_и=5,5d^2$ – несущая способность нагеля на изгиб для стержней из АII при сварном соединении.

4.6. Учет податливости связей при расчете составных элементов ДК

- Для увеличения длины или сечения деревянные конструкции выполняют составными.
- Отдельные брусья или доски соединяют с помощью связей, которые могут быть:
  - жесткими (клеевые соединения, обеспечивающие монолитность сечения)
  - или податливыми.
- **Податливость** – способность связей при деформации конструкций давать возможность соединяемым элементам сдвинуться относительно друг друга.

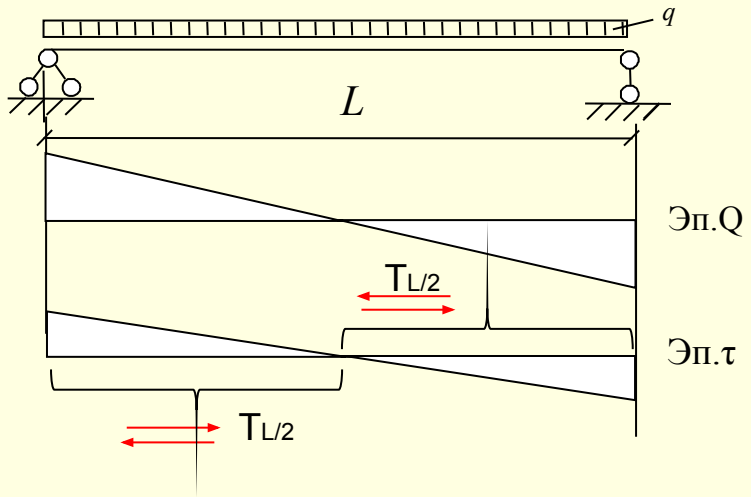
- Податливость связей ухудшает работу составного элемента:
  - уменьшается несущая способность;
  - увеличивается деформативность;
  - изменяется характер распределения сдвигающих усилий по длине элемента.
- При проектировании учитывается податливость связей – в СП приведены расчетные формулы, дающие **приближенное решение**.

4.6.1. Учет податливости связей при поперечном изгибе

- Для учета податливости вводятся коэффициенты к геометрическим характеристикам сечения:

  k_w – учитывает снижение прочности, вводится к моменту сопротивления сечения W;

  $k_ж$ - учитывает увеличение деформативности, вводится к моменту инерции сечения I.



- Балка цельного сечения

$$I_{ц} = bh^3/12$$

$$W_{ц} = bh^2/6$$

- На податливых связях

$$I_{п} = k_{ж} \cdot bh^3/12 \ (k_{ж} = \mathbf{0,45…0,8})$$

$$W_{п} = k_{w} \cdot bh^2/6 \ (k_{w} = \mathbf{0,7…0,9})$$

- Составная без связей

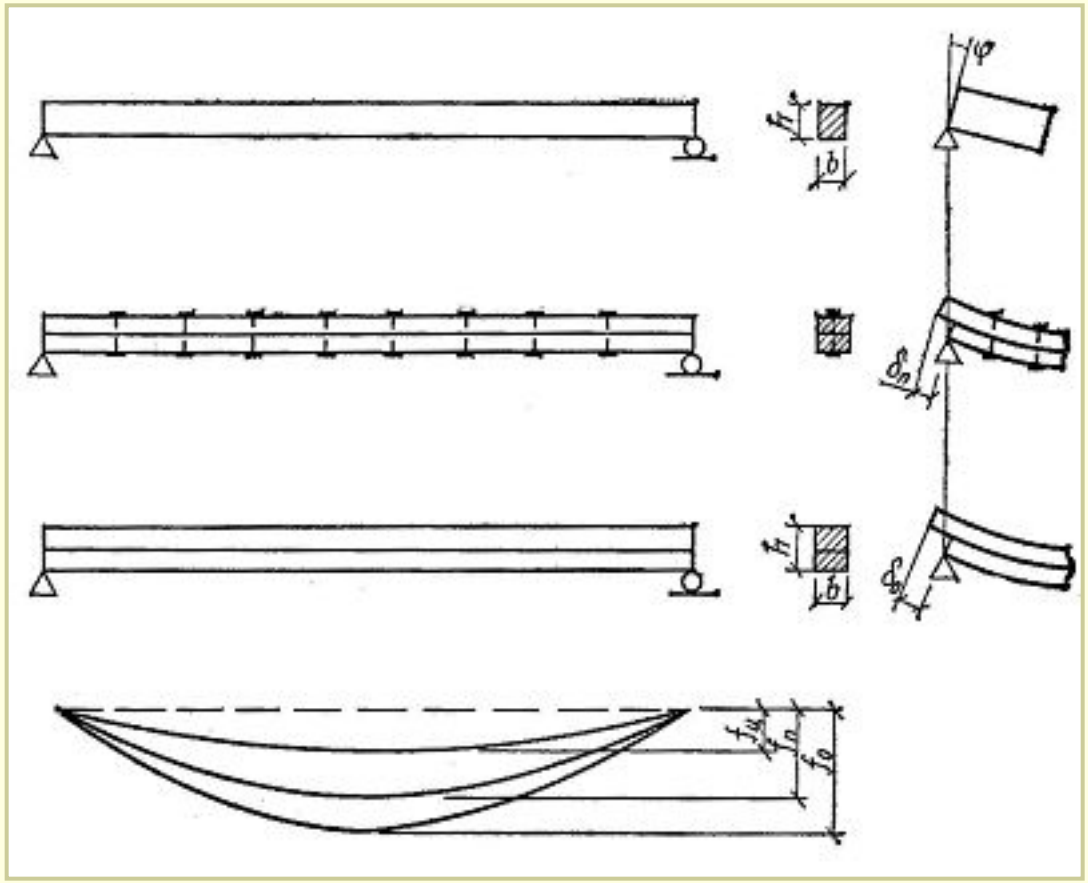
$$I_{o} = 2 \cdot b(h/2)^3/12 = \mathbf{0,25} \cdot bh^3/12$$

$$W_{o} = \mathbf{0,25} \cdot bh^2/6$$

$$I_{ц} > I_{п} > I_{o}$$

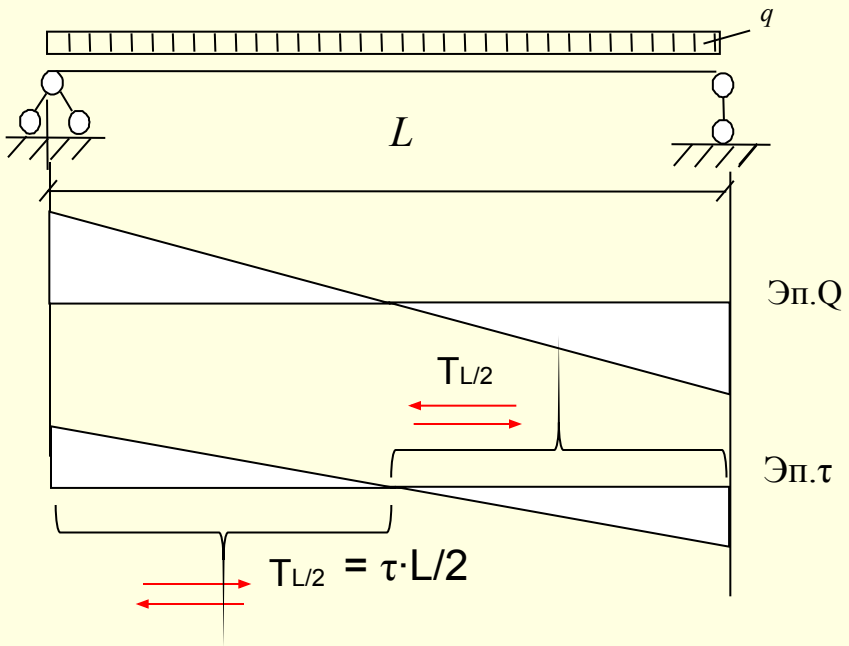
$$W_{ц} > W_{п} > W_{o}$$

$$f_{ц} < f_{п} < f_{o}$$

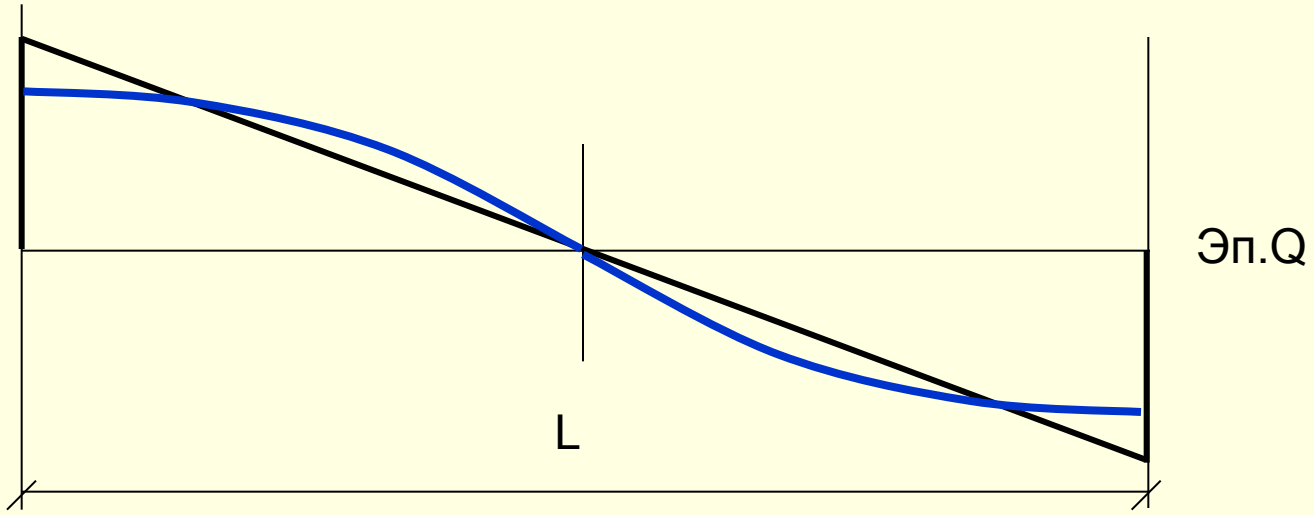


- В составной балке на податливых связях значение полного сдвигающего усилия остается постоянным (как в цельной балке).

$$T_{L/2} = \tau \cdot L/2$$

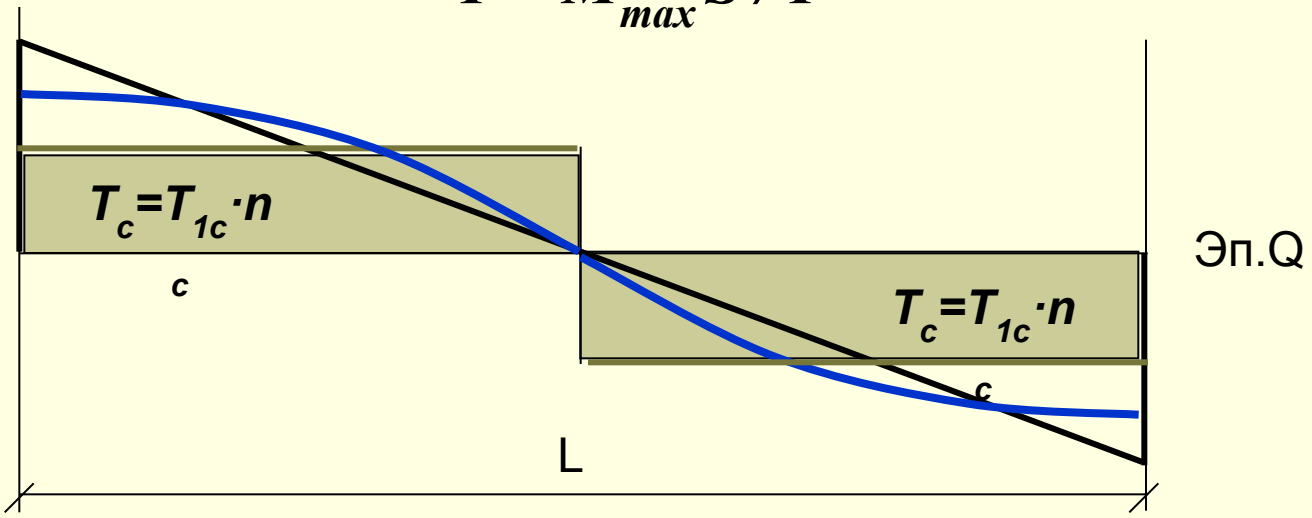


- Но из-за податливости связей изменится характер распределения сдвигающих усилий по длине балки.
- В результате эпюра Q из треугольной превратится в криволинейную, близкую к синусоиде.



- Связи размещаются по длине балки равномерно.
- Расстояние между связями должно обеспечить прочность на скалывание.
- Количество связей на участке с эпюрой Q одного знака должно быть достаточно для восприятия полного сдвигающего усилия

$$T = M_{max} S / I$$

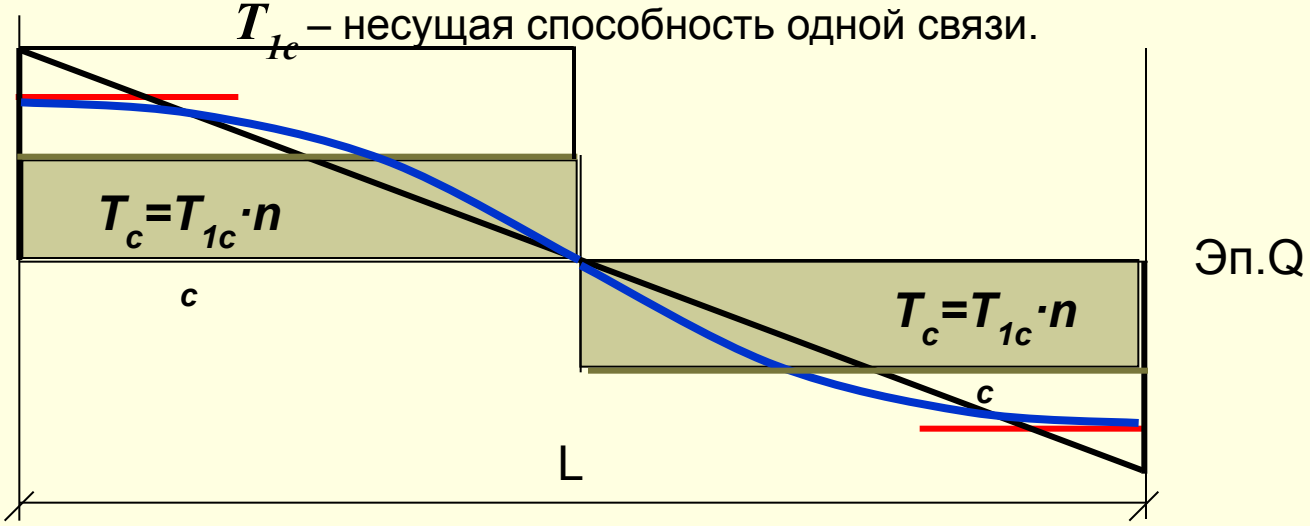


T_c – несущая способность соединения;
T_{1c} – несущая способность одной связи
n_c – количество связей, $n_c = T_c / T_{1c}$.

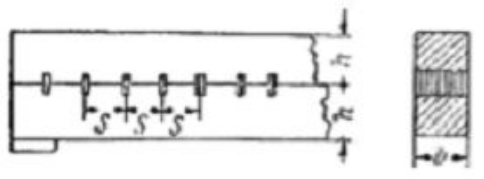
- Связи, поставленные около опор не должны быть перегружены

$$n_c = 1{,}5 \cdot T / T_{1c}$$

T_{1c} – несущая способность одной связи.



Элементы составного сечения на податливых связях при поперечном изгибе:



$$n_c = 1{,}5 \cdot M_{max}\, S / I \cdot T_{1c}; W = W \cdot k_w; \qquad I = I \cdot k_ж$$

4.6.2. Учет податливости связей при продольном изгибе

- При потере устойчивости центрально-сжатым элементом (продольный изгиб) возможные сдвиги в швах значительно меньше, чем при поперечном изгибе.
- Как и в изгибаемых элементах, учет податливости связей сведен к расчету элементов цельного сечения с введение коэффициента, учитывающего податливость связей

$$\mu = \sqrt{1 + k_c \frac{bhn_ш}{L_o^2 n_c}}$$

- Этот коэффициент всегда больше единицы и вводится к гибкости (увеличивает расчетную гибкость элемента).
- k_c – получен по опытным данным, значения приведены в табл.15 СП «Деревянные конструкции».

$$\mu = \sqrt{1 + k_c \frac{bhn_ш}{L_0^2 n_c}}$$

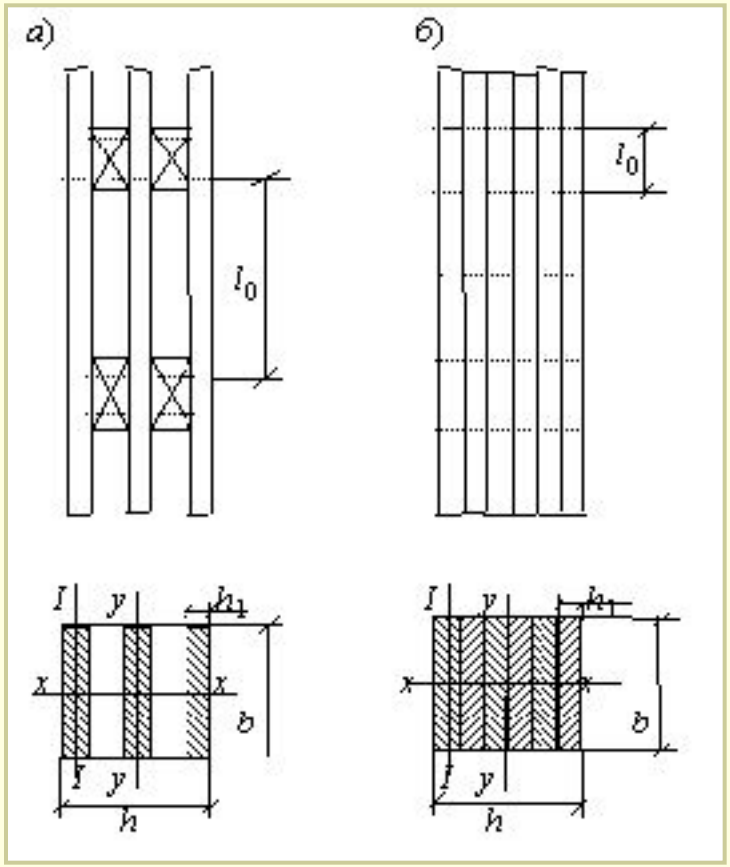
$n_ш$ – расчетное количество швов в элементе по которым суммируется взаимный сдвиг;

n_c – расчетное количество срезов связей в одном шве на 1 м длины элемента.

L_0 – расстояние между связями

- Различают:
  - а) стержни с короткими прокладками;
  - б) стержни-пакеты.

- Связи в швах расставляют равномерно.

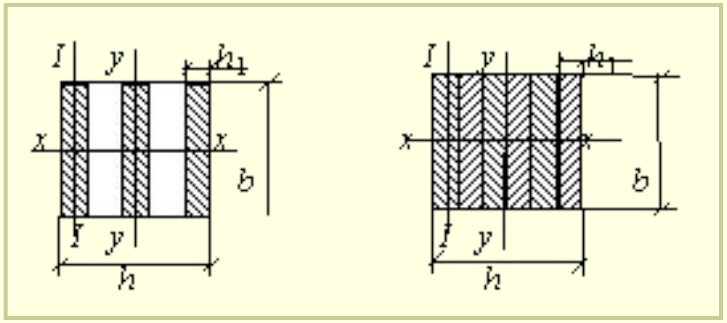


- Гибкость составных элементов на податливых связях определяют по формуле

$$\lambda = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_1^2}$$

в соответствии с рекомендациями п.п.6.6, СП «Деревянные конструкции», в этой формуле:

- гибкость всего элемента относительно оси Y; λ_y
- гибкость отдельной ветви относительно собственной оси 1-1. λ_1



При проверке устойчивости составного элемента на податливых связях:

$$\lambda_{пр} = \mu\lambda; \qquad \lambda = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_1^2}; \qquad \mu = \sqrt{1 + k_c \frac{bhn_ш}{L_o^2 n_c}}$$

4.6.3. Учет податливости связей в сжато-изгибаемых элементах

Метод расчета остается таким же – вводятся коэффициенты снижающие жесткость элемента.

Но в сжато-изогнутых элементах возникает сложное напряженно-деформированное состояние (сжатие и изгиб).

Податливость связей учитывается дважды:

1) от изгиба (как при поперечном изгибе) введением коэффициентов:

k_w к моменту сопротивления W

$k_ж$ к моменту инерции I;

2) вычислением коэффициента ξ с учетом приведенной гибкости элемента:

$$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi R_c A_{бр}}; \qquad M_д = \frac{M}{\xi}.$$

$$\varphi \Rightarrow \text{по} \quad \lambda = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_1^2}.$$

- Прогиб составного сжато-изогнутого элемента увеличивается делением на коэффициент ξ.

Конец