

1. СОЕДИНЕНИЯ НА РАСТЯНУТЫХ СВЯЗЯХ

ПЛАН ЛЕКЦИИ:

1. Соединения на растянутых связях
 - 1.1. Гвозди, шурупы, винты
 - 1.2. Скобы
 - 1.3. Хомуты, болты, тяжи
2. Соединения на наклонных металлических стержнях без клея
3. Соединения на клеенных стержнях
4. Соединения на клеях

ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ:

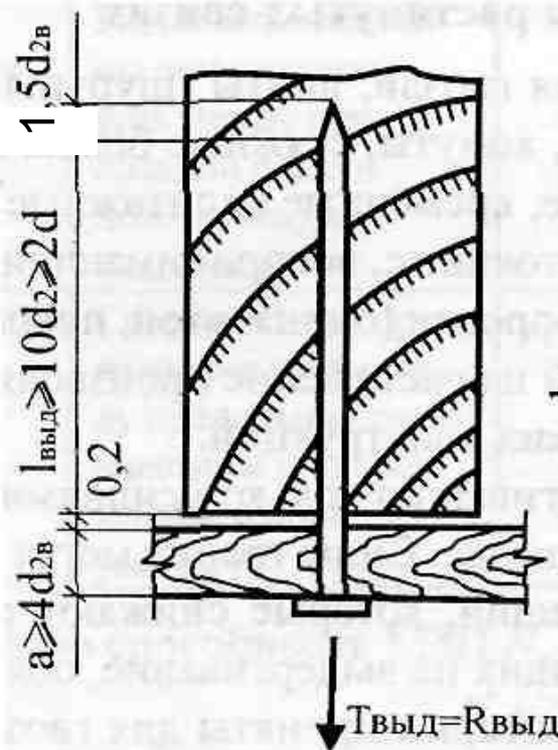
1. Соединения пластмасс
2. Преимущества и недостатки различных видов соединения элементов деревянных конструкций
3. Основные принципы учета податливости при расчете соединений деревянных конструкций

К растянутым связям относятся гвозди, шурупы, винты, работающие на выдергивание, скобы, хомуты, стяжные болты и тяжи.

Различают связи натяжные и ненатяжные, временные (монтажные) и постоянные.

1.1. ГВОЗДИ, ШУРУПЫ, ВИНТЫ

Гвозди сопротивляются выдергиванию только усилиями поверхности трения. Трещины снижают эти усилия.



Несущая способность на выдергивание гвоздя, забитого поперек волокон

$$T_{выд} = R_{выд} \cdot \pi \cdot d_{гв} \cdot l_{защ}$$

$R_{выд}$ – расчетное сопротивление выдергиванию на единицу поверхности соприкосновения гвоздя с древесиной: для воздушно-сухой древесины равно **0,3 МПа**, а для сырой, высыхающей в конструкции древесины – **0,1 МПа**;

$l_{защ}$ – расчетная длина заземленной, сопротивляющейся выдергиванию части гвоздя, м

$$l_{\text{защ}} \geq 10d_{\text{гв}}$$

$$l_{\text{защ}} \geq 2a$$

Толщина пробиваемой доски

$$a \geq 4d_{\text{гв}}$$

Шурупы (саморезы, завинчиваемые отверткой) и винты (диаметром 12-20 мм, завинчиваемые ключом) удерживаются в древесине не только силами трения, но и упором винтовой нарезки.

Расстановка шурупов и винтов: вдоль волокон

$$S_1 \geq 10 d_{\text{гв}}$$

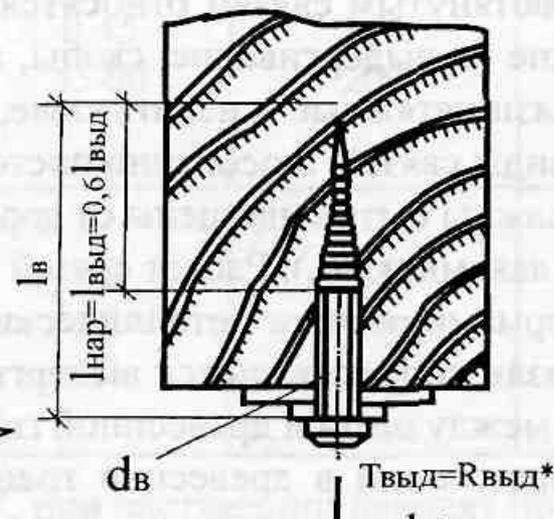
поперек волокон

$$S_2 = S_3 \geq 5 d_{\text{гв}}$$

Диаметр гнезда под винт должен быть меньше на 2...4 мм диаметра винта.

Несущая способность на выдергивание шурупа или винта

$$T_{\text{выд}} = R_{\text{выд}} \cdot \pi \cdot d_{\text{винт}} \cdot l_{\text{защ}}$$

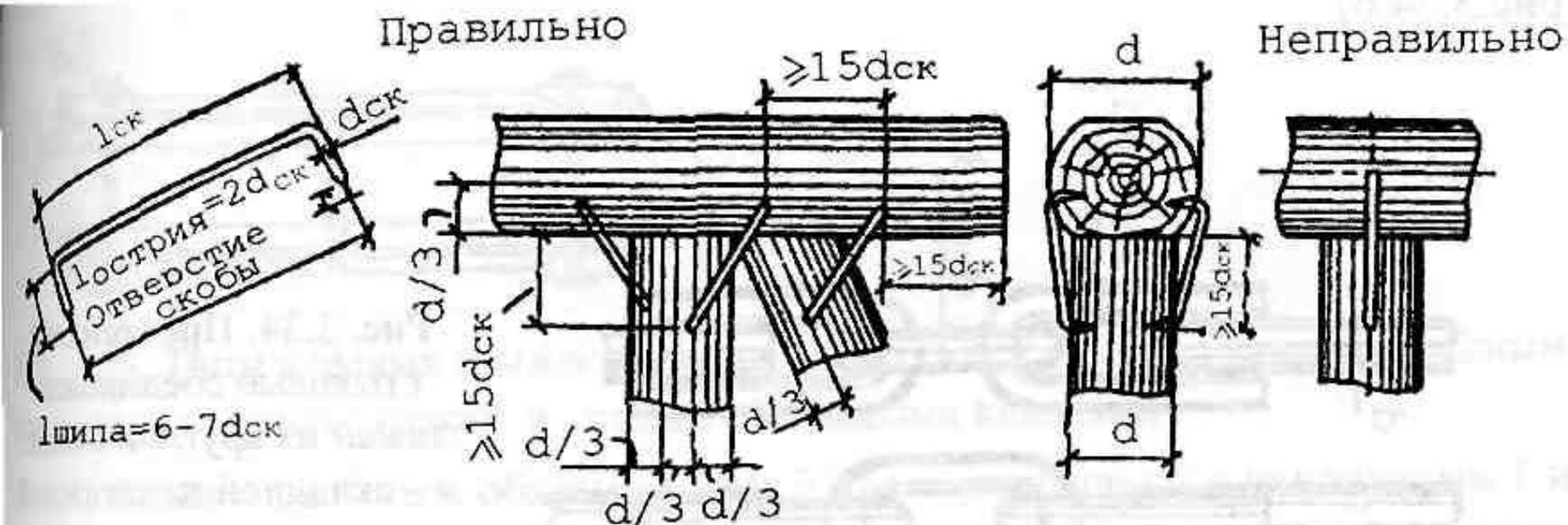


$R_{выд}$ – расчетное сопротивление выдергиванию нарезанной части шурупа или винта для воздушно-сухой древесины равное $1,0 \text{ МПа}$; $l_{защ}$ – длина нарезанной части, м

Размеры шайбы под головку $3,5d_v \times 3,5d_v \times 0,25 d_v$

1.2. СКОБЫ

Скобы из круглой (или квадратной) стали толщиной 10...18 мм используют в качестве вспомогательных или фиксирующих связей. В дощатых конструкциях скобы не применяют. Забивают без предварительного сверления гнезд.



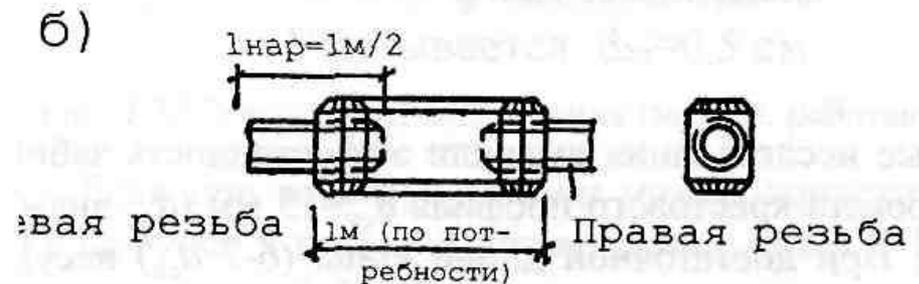
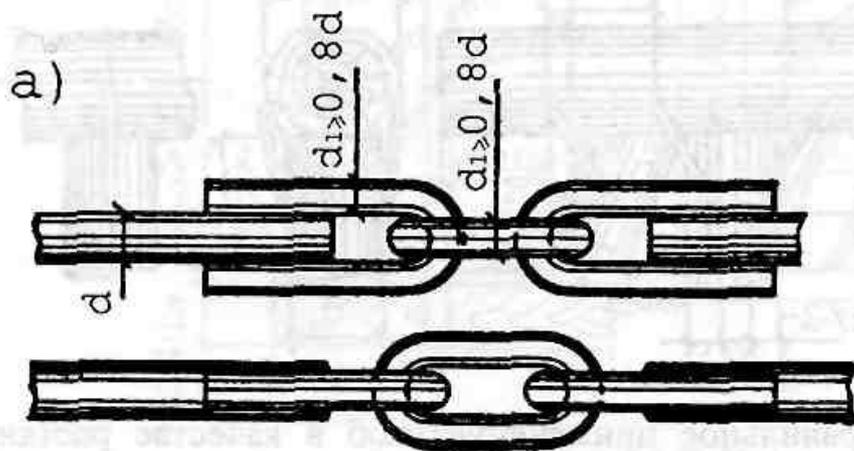
1.3. ХОМУТЫ, БОЛТЫ, ТЯЖИ

Хомуты охватывают соединяемые элементы и работают на растяжение.

Рабочие болты и тяжи – растянутые элементы – применяют в качестве анкеров, подвесок, растянутых элементов деревометаллических конструкций, затяжек прочных и сводчатых конструкций и т.п. Диаметр не менее **12 мм**.

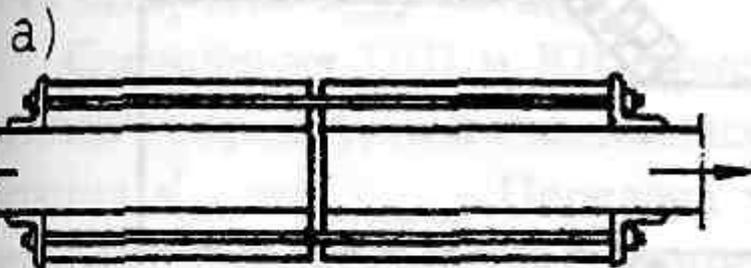
Расчетное сопротивление двойных параллельных тяжей снижают коэффициентом **0,85**, учитывающим возможную неравномерность натяжения.

Рабочие болтовые связи и муфты применяют тогда, когда необходимо монтажное или эксплуатационное регулирование длины.

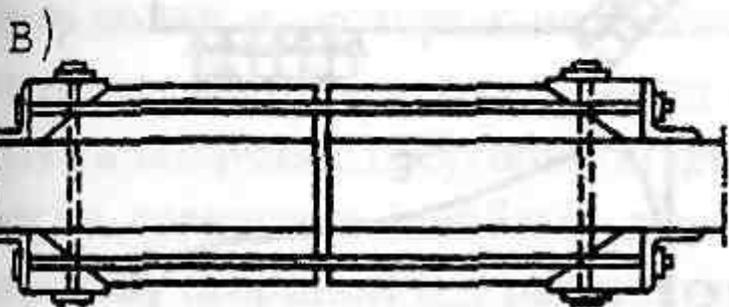


Чтобы избежать разрыва стяжного болта при разбухании древесины, шайбы назначают с уменьшенной площадью смятия древесины.

Сборно-разборный стык с двойным обжимом для растянутых клееных элементов

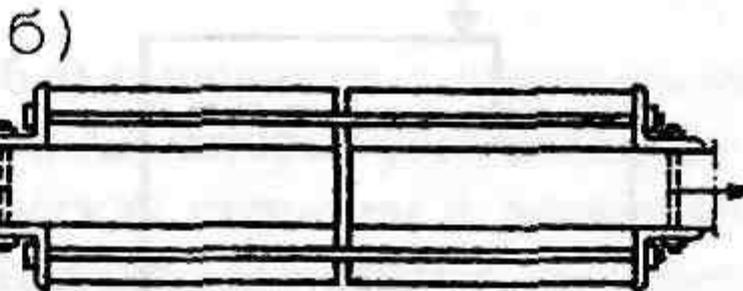


Простой натяжной стык

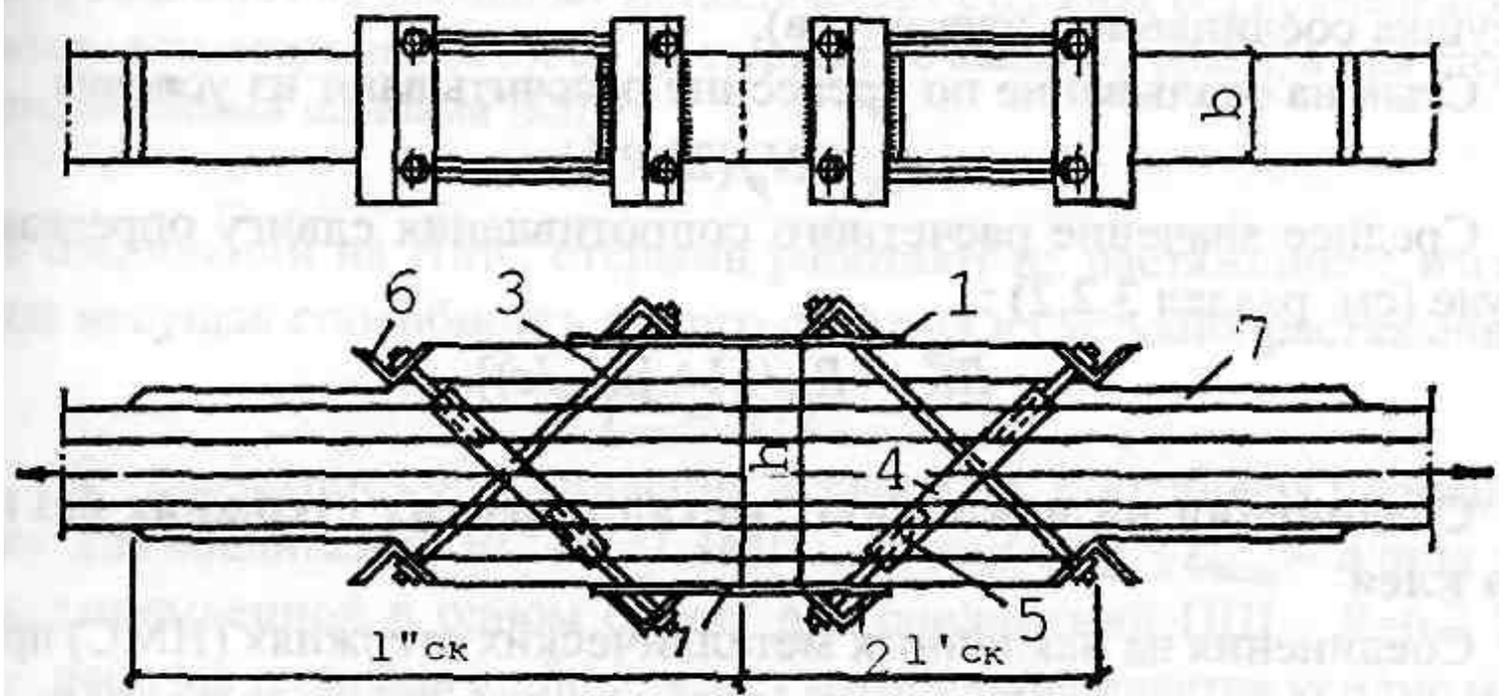


Разрушение стыков происходит от раскалывания. Наибольшее напряжение сдвига равно **2,4 МПа** в стыке с обжимными клиньями

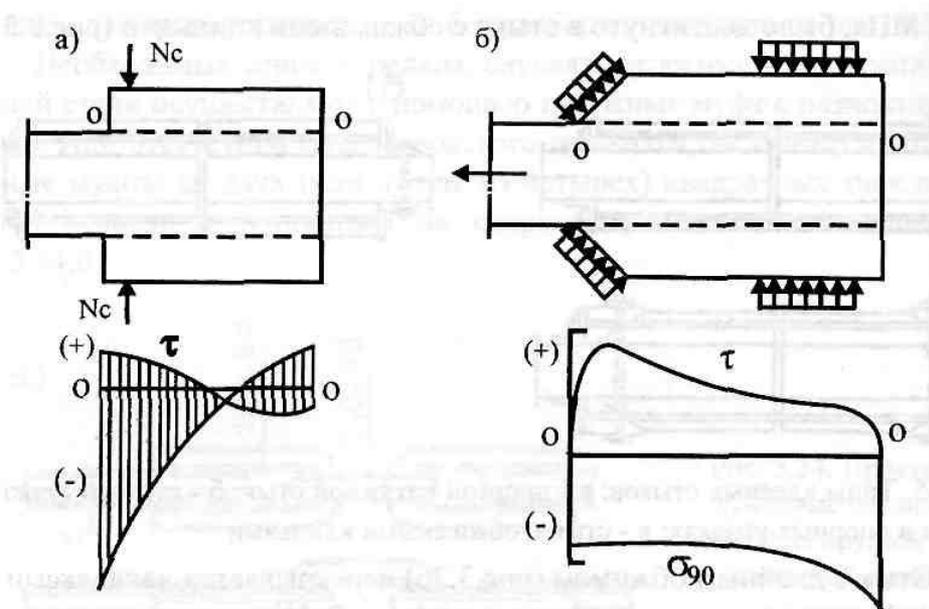
Стык с обжимными клиньями



Стык со стяжными болтами в опорных уголках



Стык с двойным обжимом



Сила обжимающая элемент у начала плоскости разрушения, противодействуя растягивающим напряжениям, одновременно создает дополнительные напряжения сдвига, увеличивая их концентрацию.

То же, у противоположного конца плоскости скалывания, обеспечивает выравнивание напряжений сдвига

$$l_{ск} \geq \frac{N_p}{2bR_{ск}^{cp}} \quad \text{где} \quad R_{ск}^{cp} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \cdot \frac{l_{ск}}{e}}$$

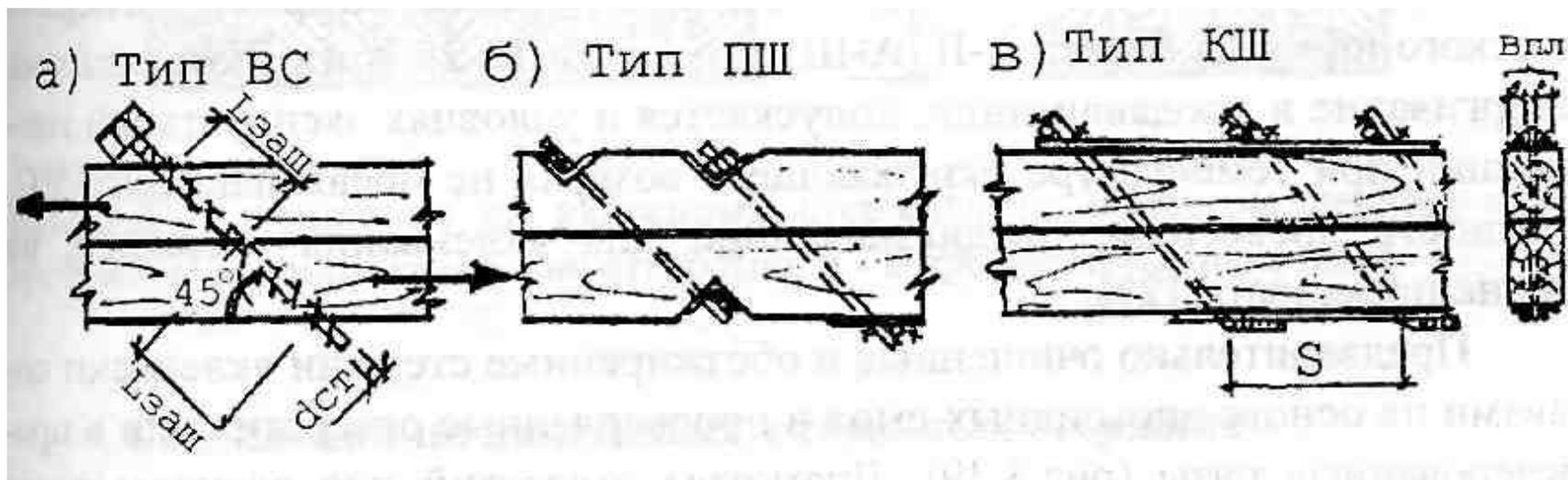
2. СОЕДИНЕНИЯ НА НАКЛОННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕРЖНЯХ БЕЗ КЛЕЯ (НМС)

Соединения этого типа применяют для изготовления изгибаемых деревянных элементов составного сечения из цельной древесины (брусьев и окантованных бревен), влажность которых может быть больше 15%.

Соединения НМС могут быть следующих видов:

- на ввинченных стержнях (ВС);
- на стержнях с простыми шайбами (ПШ);
- на стержнях с комбинированными шайбами (КШ).

Соединения ВС работают за счет сцепления древесины с резьбой ввинченного стержня. Резьба с укрупненным шагом по ГОСТ 11473 со следующими параметрами: наружный диаметр $d=20 \text{ мм}$, внутренний диаметр $d_{вн}=15 \text{ мм}$, шаг резьбы $t=7 \text{ мм}$. Под стержни сверлят отверстия $d_o = (d+d_{вн})/2$.



Соединения ПШ и КШ выполняют из арматуры А-I, А-II, А-III, устанавливаемую в отверстия равного стержню диаметра. Передача усилий между стержнем и древесиной происходит через шайбы.

В соединениях ПШ шайбы выполняют из уголков. Размер полки не должен быть больше $1/3$ толщины соединяемых элементов.

В соединениях КШ стержни закрепляют на древесине шайбами в виде спаренных распределительных полос суммарной шириной $b_{ш}$, расстояние между которыми равно диаметру стержня.

В НМС стержни работают на растяжение с изгибом.

$$T_{ст} = R \cdot F$$

где R – расчетное сопротивление древесины; F – рабочая площадь соединения:
для соединений **ВС** $R=1,3$ МПа, $F=\pi \times d \times l_{защ}$, $l_{защ}$ – длина части стержня,
защемленная в одном брус.

для соединений **ПШ** $R=2,6$ МПа, $F=a_{ш} \times b_{ш}$ – рабочая площадь шайбы,
через которую передается усилие между наклонным стержнем и древесиной ($a_{ш}$ и
 $b_{ш}$ – соответственно размер полки и ширина шайбы из уголка).

для соединений **КШ** $R=2,6$ МПа, $F=b_n \times S$, b_n – суммарная ширина
полосы, объединяющей наклонные стержни, S – шаг расстановки наклонных
металлических стержней.

Из условия изгибной жесткости требуемый диаметр стержня

$$D_{ст} = 1,882 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_{сдв} \times h}{R_u \times K_{осн}}} \times K_{сл}$$

где $N_{сдв}$ – сдвигающее усилие в шве сплачивания, приходящееся на 1 стержень; h – высота поперечного сечения отдельной ветви; R_u – расчетное сопротивление арматурной стали изгибу; $K_{осн}$ – коэффициент, учитывающий работу стержня как балки на упругом основании (для сосны $K_{осн} = 15$); $K_{сл}$ – коэффициент, учитывающий количество слоев в составном сечении (при двух слоях $K_{сл} = 1$, при трех слоях $K_{сл} = 0,9$).

Расстановка НМС соответствует расстановке стальных цилиндрических нагелей.

3. СОЕДИНЕНИЯ НА ВКЛЕЕННЫХ СТЕРЖНЯХ

Применение соединений на клеенных стержнях из арматуры А-II, А-III диаметром 12...25 мм, *работающих на выдергивание и продавливание вдоль или поперек волокон*, допускается при температурах $t \text{ } ^\circ\text{C} \leq 35$. Влажность древесины должна быть не более 12%.

Предварительно очищенные и обезжиренные стержни клеивают составами на основе эпоксидных смол в отверстия или пазы на 5 мм больше диаметра стержня.

$$T = R_{ск} \cdot \pi \cdot (d + 0,005) \cdot l \cdot k_{ск}$$

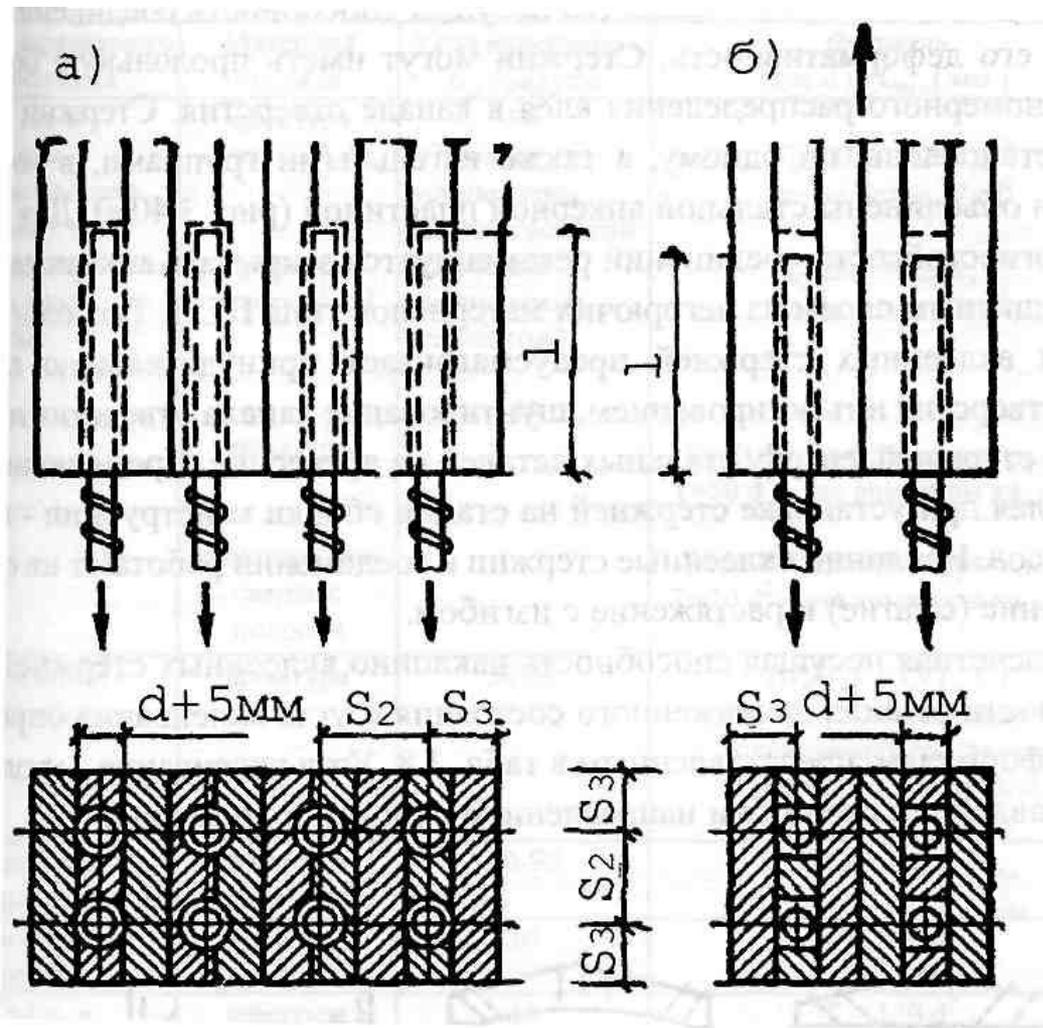
где d – диаметр стержня; l – длина заделываемой части стержня, м;
 $k_{ск}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части стержня

$$k_{ск} = 1,2 - 0,02 \cdot \left(\frac{l}{d}\right)$$

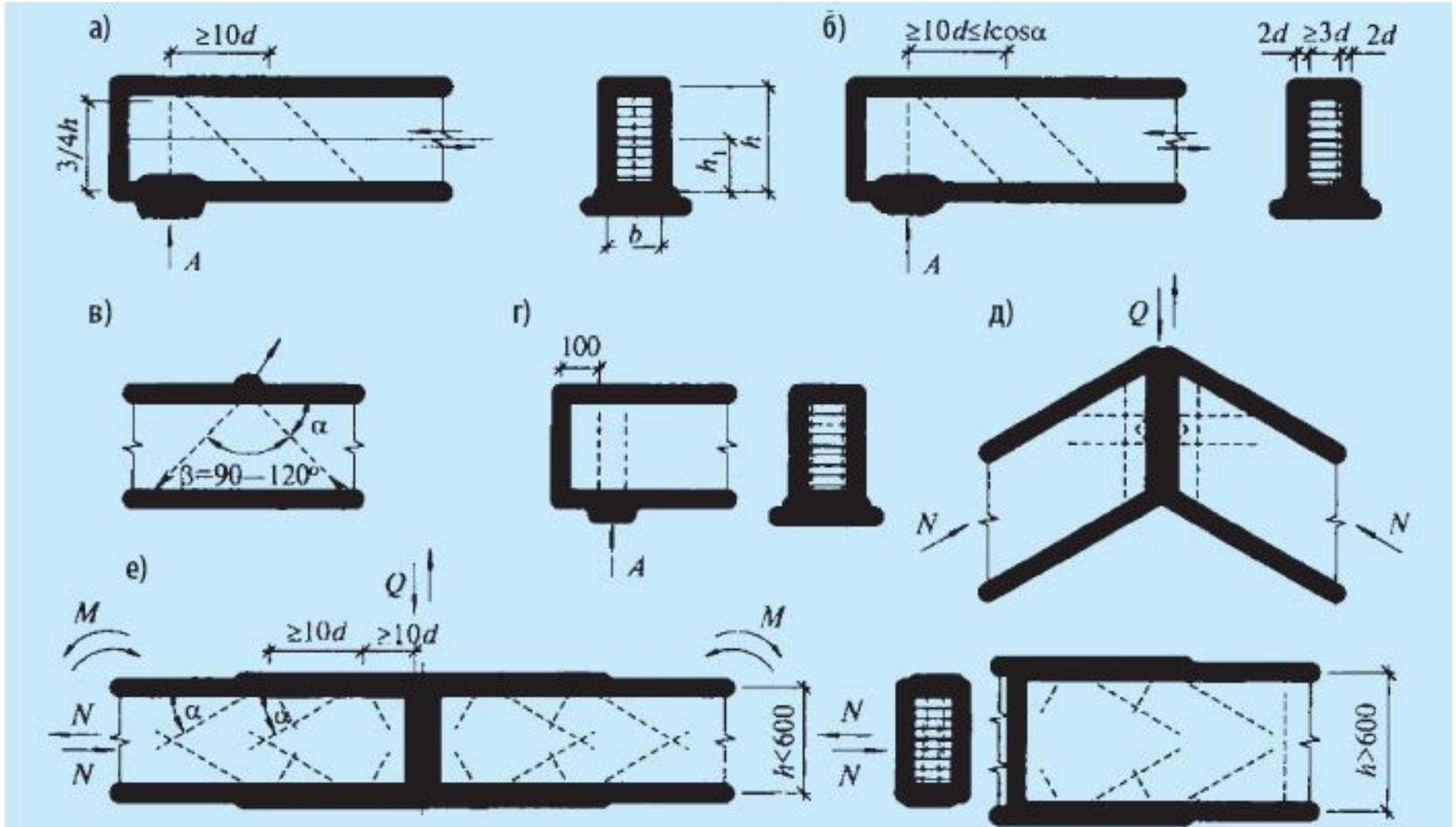
$R_{ск}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию.

$$10d \leq l \leq 30d$$

$$S_2 \geq 3d, S_3 \geq 2d$$



Соединения на наклонных вклеенных стержнях применяют для ремонта и усиления эксплуатируемых конструкций, для армирования при изготовлении дощатоклееных элементов, для сплачивания и сращивания дощатоклееных элементов, для создания узловых сопряжений.



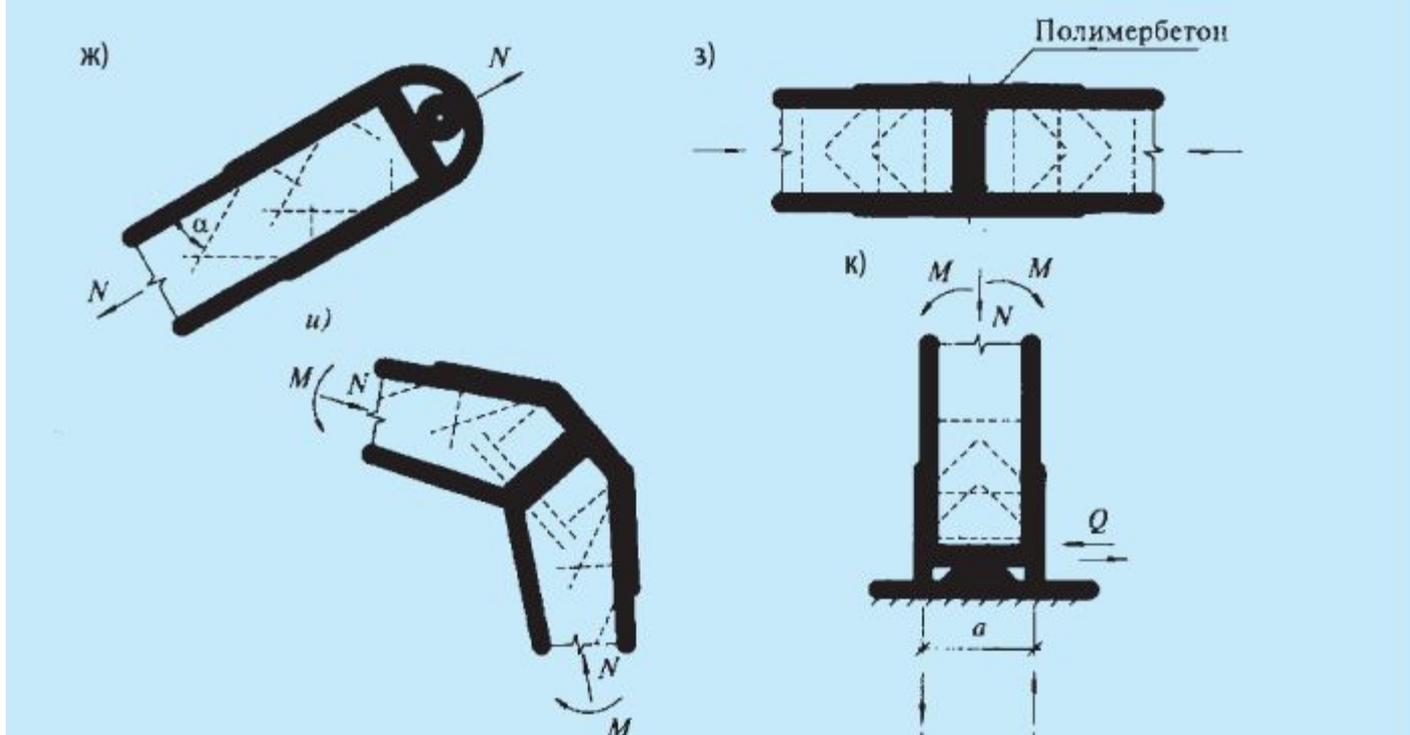
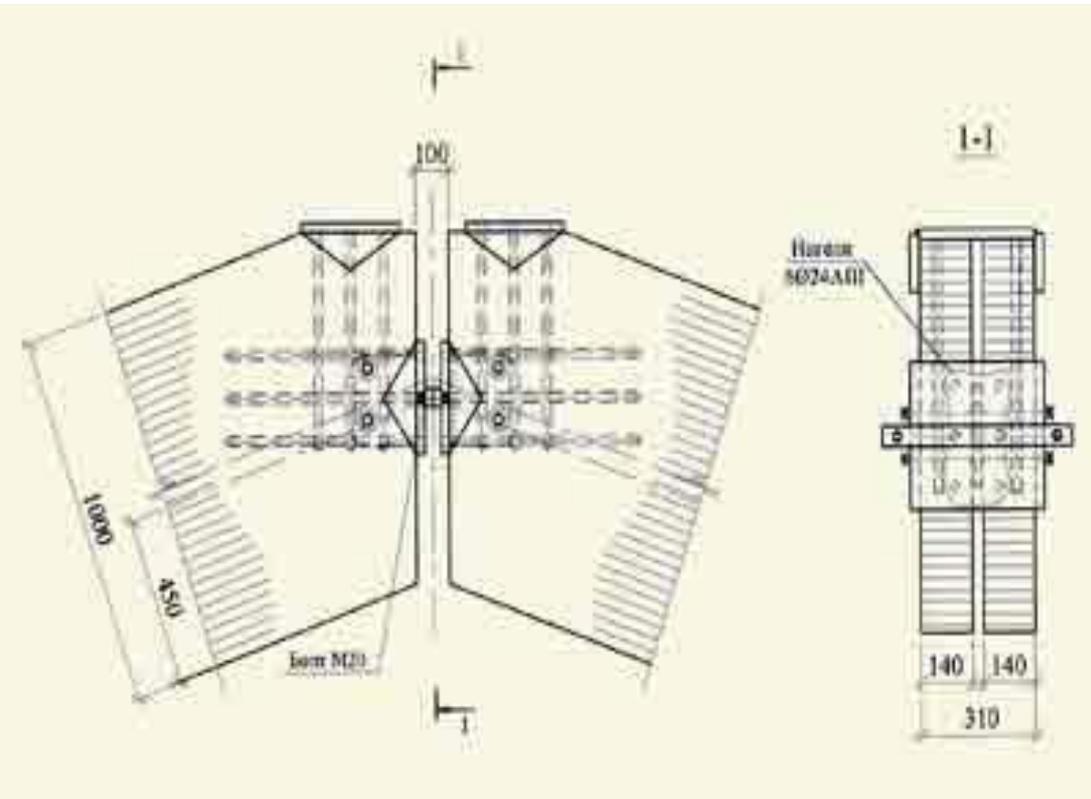
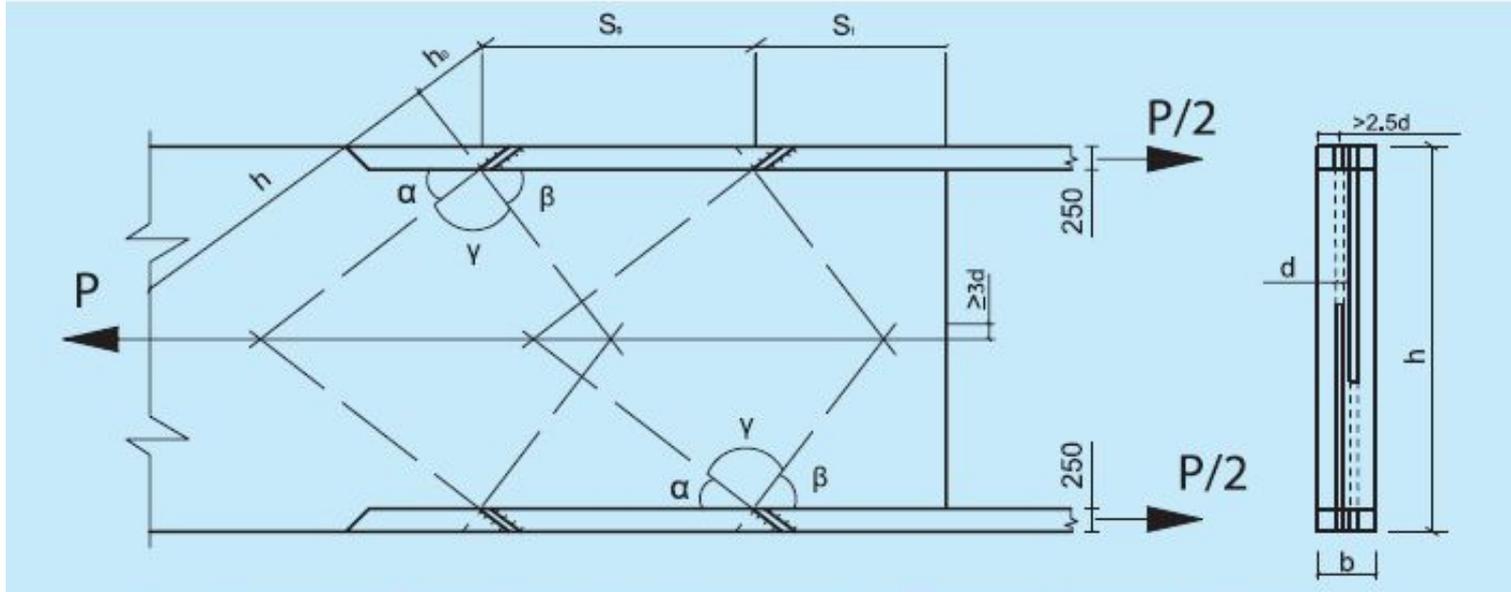


Рис.1. Используемые в проектировании соединения на наклонно вклееных стержнях [16]:
а) — в виде связей составных элементов, б) — для повышения сдвиговой прочности клееной балки,
в) — для анкеровки закладных деталей, г), д) — в опорных и других узлах конструкций; е) — схема симметричного универсального жесткого стыка элементов сечением <500 и >600 ; ж) — для растянутых элементов, з) — для сжатых стыков с полимербетоном, и) — для полигональных элементов, несимметричная схема (карниз рамы), к) — для узла защемления стоек.

Стержни применяют из арматуры А-II, А-III, А-IV диаметром 16...24 мм. Клей ЭПЦ-1

Глубина вклеивания $10d \leq l \leq 30d$ и не более $1 м$. Угол наклона 30...45°.



Основные параметры равнопрочного жесткого стыка конструкций:
 α – угол клеивания основных стержней; S_1 – расстояние от торца до первого анкера; d_1 – номинальный диаметр стержня; l_1 – глубина клеивания

4. СОЕДИНЕНИЯ НА КЛЕЯХ

Равнопрочность, монолитность и долговечность клеевых соединений в деревянных конструкциях может быть достигнута только применением водостойких конструктивных клеев.

Долговечность и надежность клеевого соединения зависит от устойчивости адгезионных связей, вида клея, его качества, технологии склеивания, эксплуатационных условий и поверхностной обработки.

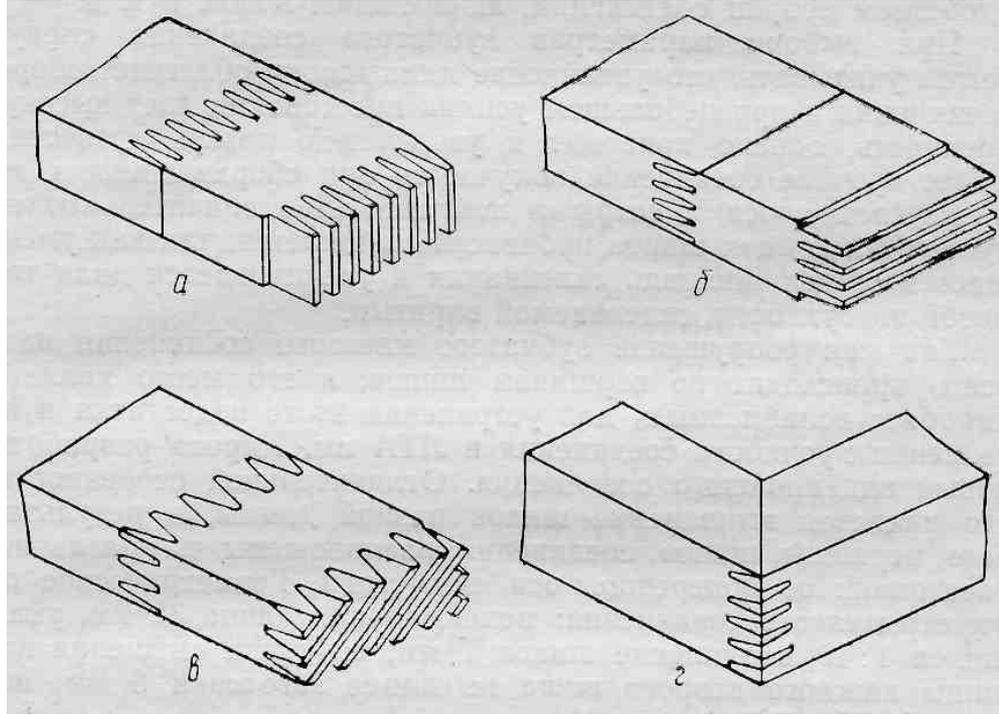
Пока еще не удастся получить прочность клеевого шва при растяжении, равную прочности древесины. Компенсируют это **увеличением площади склеиваемой поверхности примерно в 10 раз** косой срезкой торца «на ус» или на зубчатое соединение

В настоящее время применяют резорциновые, фенольно-резорциновые, алкилрезорциновые и фенольные клеи.

Наиболее надежными и технологичными клеевыми соединения являются зубчатые клеевые соединения.

Виды зубчатых соединений

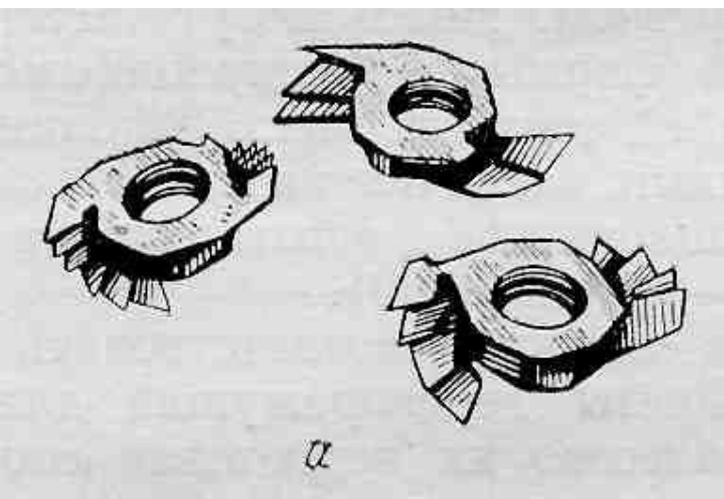
Вертикальный
(с выходом на
пласть)



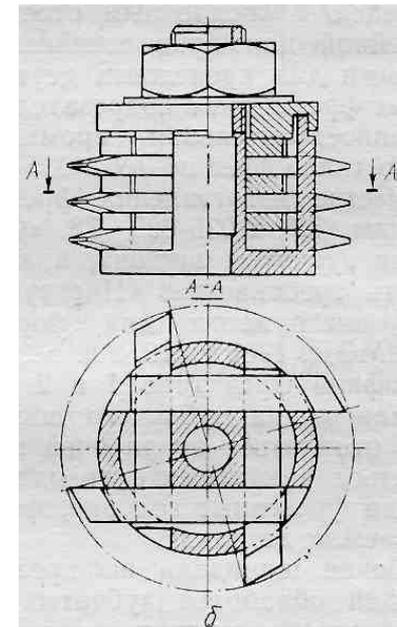
Горизонтальный
(с выходом на
кромку)

Диагональный
(с выходом на
пласть и кромку)

Угловой



Фрезы для формирования
зубчатого соединения



Параметры зубчатого соединения ГОСТ 19414

Группа соединения	Длина шипа, мм	Шаг соединения, мм	Затупление шипа, мм	Уклон шипа	Рекомендуемая область применения
I	50 32	12 8	1,5 1,0	1 : 11 1 : 10,5	Для склеивания по всему сечению напряженных элементов несущих конструкций
II	20 10 5	6 3,5 1,75	1,0 0,5 0,2	1 : 10 1 : 8 1 : 7,5	Для склеивания отдельных слоев многослойных элементов, а также элементов ненесущих конструкций по всему сечению

Обозначения I-32; II-20