

ИФО | 01.03.04 | ПМ | 6-й семестр

Строительные конструкции

Лекция №13



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

www: mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/

e-mail: g bk@mgsu.ru; dpekin@mail.ru

тел.: +7 495 287 49 14 доб. 3036, 3084

Пекин Дмитрий Анатольевич, доцент, к.т.н.

Лекция №13 – Деревянные конструкции

- Соединения элементов деревянных конструкций
 - Общие сведения о соединениях
 - Соединения на врубках
 - Соединения на нагелях
 - Соединения на клею
- Деревянные конструкции
 - Цельные балки, прогоны, настилы и панели
 - Составные балки, стойки, пояса ферм
 - Фермы, арки и рамы

Общие сведения о соединениях

Классификация соединений элементов деревянных конструкций:

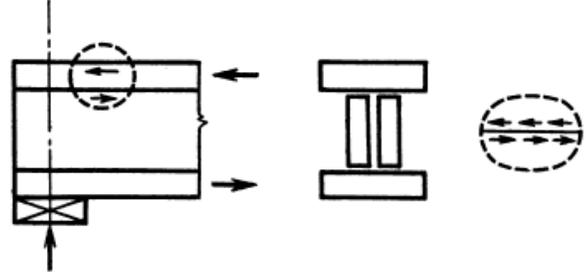
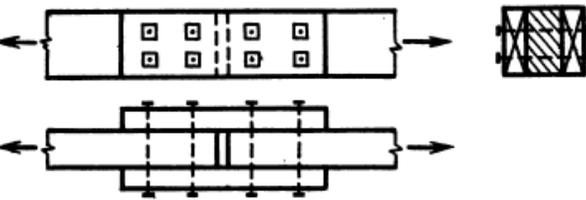
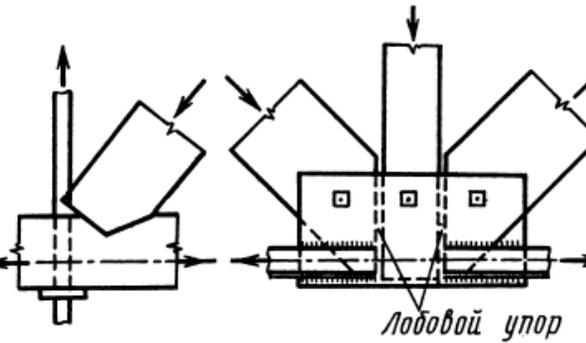
- **Сплачивание** – для увеличения размеров поперечного сечения конструкции
- **Стыкование** – для наращивания длины элементов
- **Объединение** – для сопряжения нескольких элементов в узлах

Назначение соединений	Характеристика соединений	Схема соединений
Сплачивание	На клею. Клеевые швы воспринимают сдвиг. Соединение не вызывает поперечного распора	
Наращивание	На нагелях из круглой стали и болтах с деревянными накладками. Нагели работают на изгиб. Поперечного распора нет	
Узловые соединения: опорные и прочие узлы, примыкания сжатых стержней	Лобовая врубка, лобовой упор. Элементы соединения работают на смятие. Необходимы вспомогательные связи	

Специфика соединений

Все деревянные соединения, кроме клееных, обладают существенной **податливостью**

В них кроме упругих и пластических деформаций, свойственных древесине, имеются **начальные остаточные деформации** вследствие неточностей пригонки элементов и неплотностей постановки рабочих связей

Назначение соединений	Характеристика соединений	Схема соединений
Сплачивание	На клею. Клеевые швы воспринимают сдвиг. Соединение не вызывает поперечного распора	
Наращивание	На нагелях из круглой стали и болтах с деревянными накладками. Нагели работают на изгиб. Поперечного распора нет	
Узловые соединения: опорные и прочие узлы, прижимающие сжатых стержней	Лобовая врубка, лобовой упор. Элементы соединения работают на смятие. Необходимы вспомогательные связи	

Деформации в различных типах соединений

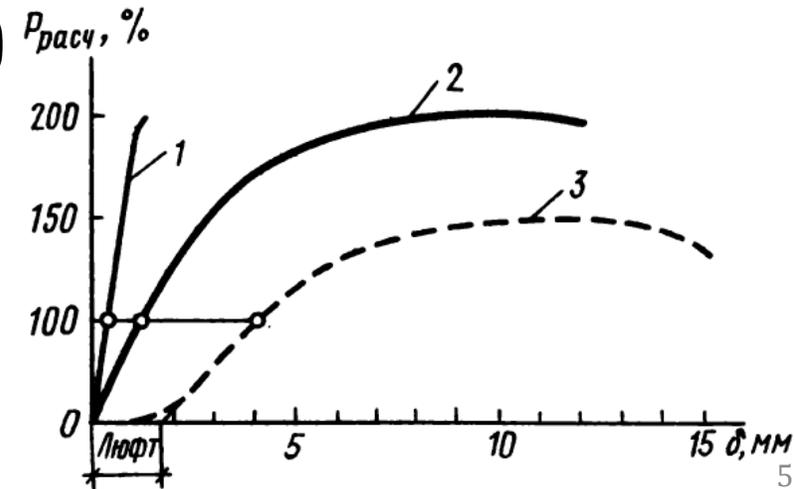
При проектировании и изготовлении соединений необходимо стремиться к тому, чтобы в них обеспечивалась наибольшая **плотность**, а начальные деформации были как можно меньше

В соединениях на нагелях из круглой стали и болтах **плотность** достигается легче, чем в других соединениях, поэтому в деревянных конструкциях они **предпочтительнее**. На рисунке показано развитие деформаций соединений

Практика эксплуатации деревянных конструкций показывает, что деформация соединения при расчетной нагрузке не должна превышать **1,5...2 мм**

При **податливых** соединениях (например, нагельных) происходит выравнивание действующих усилий между отдельными сопряжениями при расчетных нагрузках, что сказывается **положительно** на работе конструкции в целом

Обозначения на графиках: 1 – жесткое соединение;
2 – податливое; 3 – неплотное податливое



Характер разрушения соединения

Имеет большое значение для жесткости и несущей способности конструкций. **Вязкое** разрушение, происходящее постепенно со значительным развитием **пластических** деформаций, более благоприятно, чем **хрупкое**, например, соединения сжатых элементов, решаемые простым лобовым упором, при разрушении обладают **вязкостью** вследствие деформативности при **смятии**

Вязкое разрушение присуще также **нагельным** соединениям. В них вязкость обуславливается равномерным распределением усилий между многими параллельно работающими относительно слабыми **связями** (нагельями). Использование принципа «дробности» связей уменьшает также вредное влияние **пороков** древесины на соединения

При отсутствии пластических деформаций или малом их развитии возможно **хрупкое** разрушение. Оно наблюдается, например, в соединениях, которые разрушаются от **скалывания**, **раскалывания** или **разрыва** древесины при растяжении

Рекомендации к соединениям

Расчетные связи в соединении должны быть преимущественно **одинаковой** жесткости во избежание перегрузки более жестких связей за счет менее жестких

Размещение связей в соединении не должно вызывать в нем не предусмотримых расчетом **изгибающих** или **крутящих** моментов

Следует отдавать предпочтение тем соединениям, которые допускают **механизированное** заводское изготовление. К ним относятся соединения на **клею, болтах** и **пластинчатых** нагелях

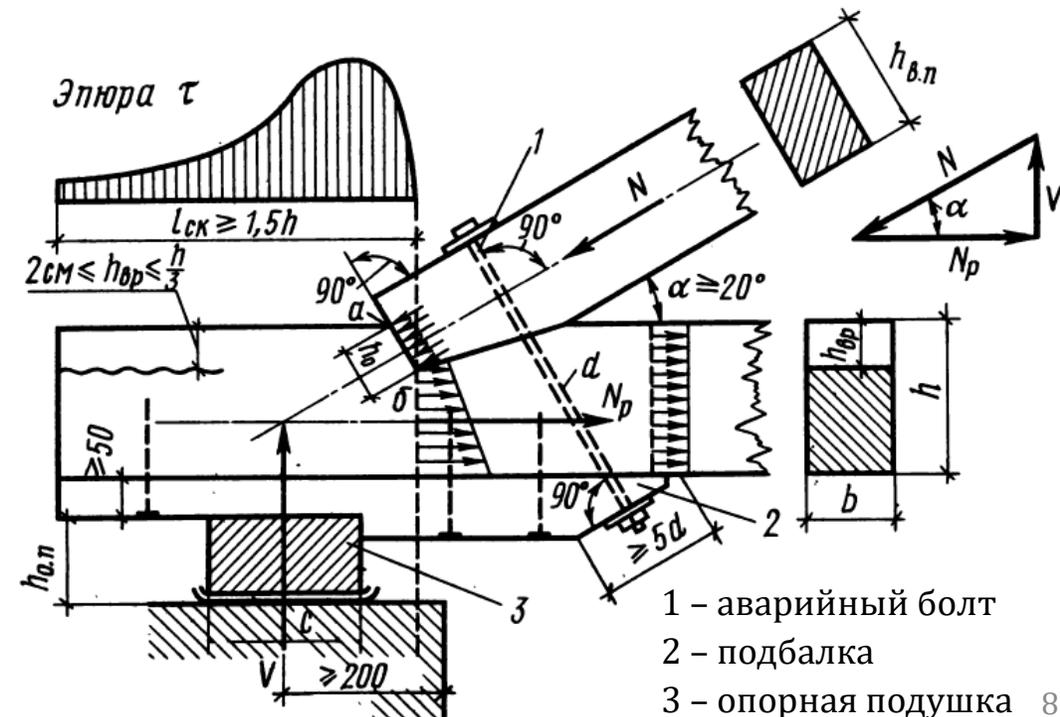
Для конструкций, изготавливаемых в механических мастерских, применяют простейшие **врубki** и стальные цилиндрические **нагели**

Иногда в построечных условиях применяют также соединения на **шпонках**

Соединения на врубках

Врубками называют соединения, в которых усилия передаются от одного элемента к другому без промежуточных рабочих **связей**. Их применяют в узлах **брусчатых** и **бревенчатых** ферм. В настоящее время практическое значение сохранили лишь простейшие малотрудоемкие, но **надежные** в работе **врубки**, устраиваемые сквозным пропиливанием без долбления

Наибольшее распространение имеют **лобовые** врубки, **лобовые** упоры в стыках сжатых элементов, реже врубки с подушкой и трехлобовые врубки. В соединениях растянутых или изгибаемых элементов **врубки** не применяют вследствие резких ослаблений элементов, а также **хрупкости**, большой трудоемкости и малой надежности этих соединений

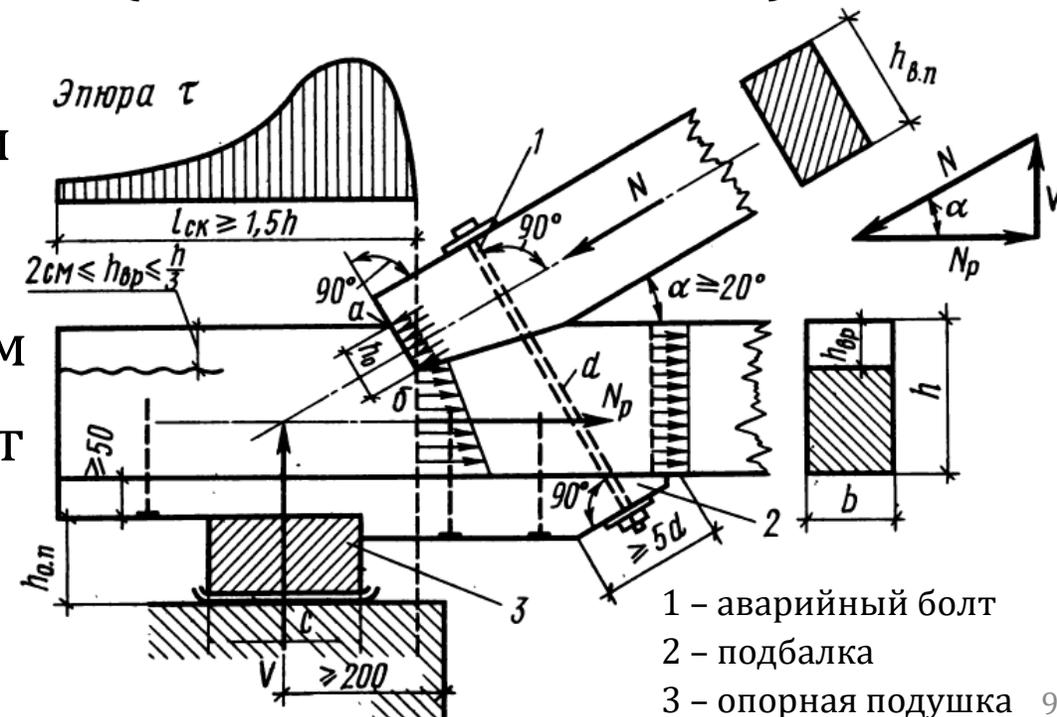


Изготовление соединений на врубках

Соединения на **врубках** не требуют специального оборудования, большого расхода стали, не вызывают затруднений при контроле качества их изготовления и состояния во время эксплуатации. Однако **врубки** целесообразны только в элементах, подверженных сжатию, так как они значительно **ослабляют** сечение сопряжениями (неплотные и жесткие) и во многих случаях разрушаются от скалывания

Лишь трехлобовые **врубки**, лобовые упоры и врубки с подушкой обладают достаточной податливостью (их деформации при расчетном напряжении составляют 0,2-0,3 мм)

Большая жесткость сопряжения не позволяет собирать деревянные конструкции на **врубках** из взаимно заменяемых элементов: их делают **индивидуальными**



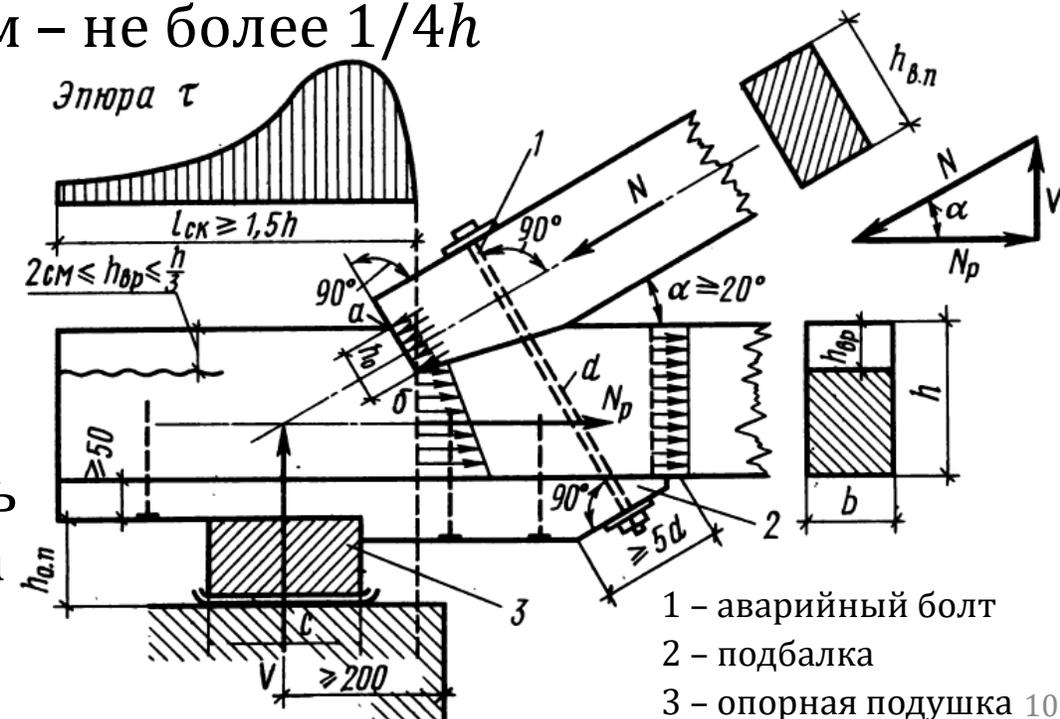
Лобовые врубки

Лобовые врубки с одним **зубом** (как на рисунке) применяют в фермах, подкосно-ригельных системах при брусчатом и круглом лесе; сучки, трещины, косослой в них менее опасны, чем в досках

Наибольшее ослабление лобовой вружкой в крайних узлах нижних и верхних поясов ферм по высоте пояса h допускают не более $1/3h$ в промежуточных узлах ферм и элементах толщиной менее 8 см – не более $1/4h$

По производственным и эксплуатационным условиям минимальную глубину **врубки** в пиленой древесине принимают 2 см, а в круглой – 3 см

Во **врубке** с одним **зубом** рабочую плоскость ab рекомендуется располагать так, чтобы ось примыкающего сжатого элемента проходила через середину плоскости смятия



Конструирование и расчет лобовых врубок

При конструировании узловых сопряжений на **лобовых** врубках для предотвращения появления дополнительных изгибающих **моментов** в местах односторонних ослаблений основного растянутого элемента необходимо соблюдать **центрирование** по ослабленным сечениям

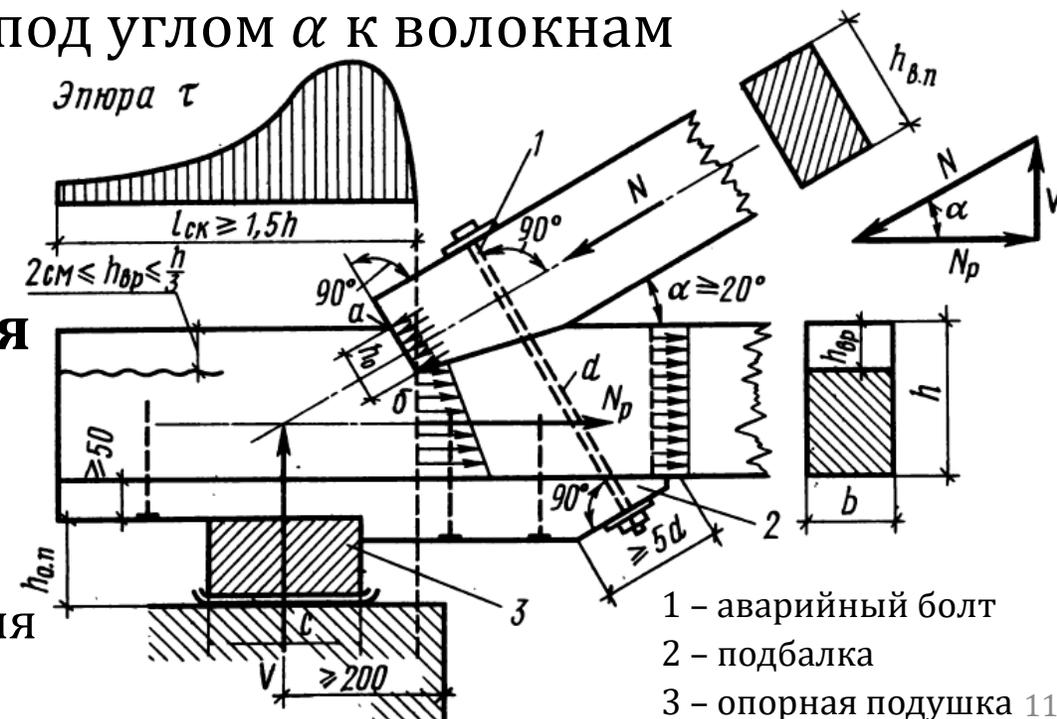
Лобовую **врубку** с одним **зубом** рассчитывают по рабочей площади ab контакта стыкуемых элементов на смятие древесины под углом α к волокнам при расчетном усилии, действующем нормально к площади смятия:

$$N/F_{\text{см}} \leq R_{\text{ска}\alpha}$$

Проверку прочности по условию **скалывания** производят по формуле:

$$N/F_{\text{ск}} \leq R_{\text{ск}}^{\text{ср}}$$

где $F_{\text{см}} = h_{\text{вр}} / \cos \alpha \cdot b$ – площадь смятия при сопряжении брусьев; $F_{\text{ск}} = l_{\text{ск}} \cdot b$ – площадь скалывания



- 1 – аварийный болт
 - 2 – подбалка
 - 3 – опорная подушка
- 11

Расчет опорных элементов

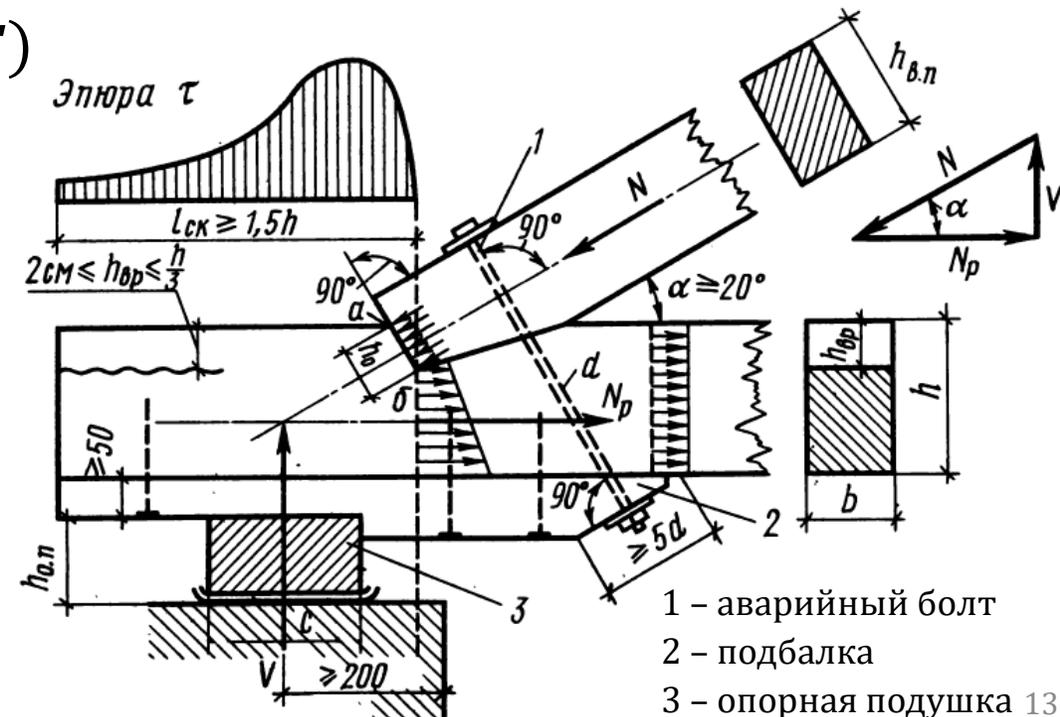
В опорных узлах ферм предусматривают **подбалку**, которую крепят к нижнему поясу **гвоздями**. Требуемое количество односрезных **гвоздей** n для прикрепления подбалки может быть определено по расчетной сдвигающей силе $T_{сдв}$ между нижним поясом и подбалкой с учетом коэффициента 1,3 как для монтажной нагрузки:

$$n = T_{сдв} / (1,3T)$$

где $T_{сдв} = N \cdot \cos \alpha - 0,2A$ – сдвигающая сила с учетом трения между поверхностями основного нижнего пояса и подбалки;

T – усилие, воспринимаемое одним гвоздем;

0,2 и A – коэффициент трения и площадь поверхностей основного нижнего пояса и подбалки соответственно



Расчет дополнительных элементов

Стяжные болты ставят перпендикулярно направлению раскоса

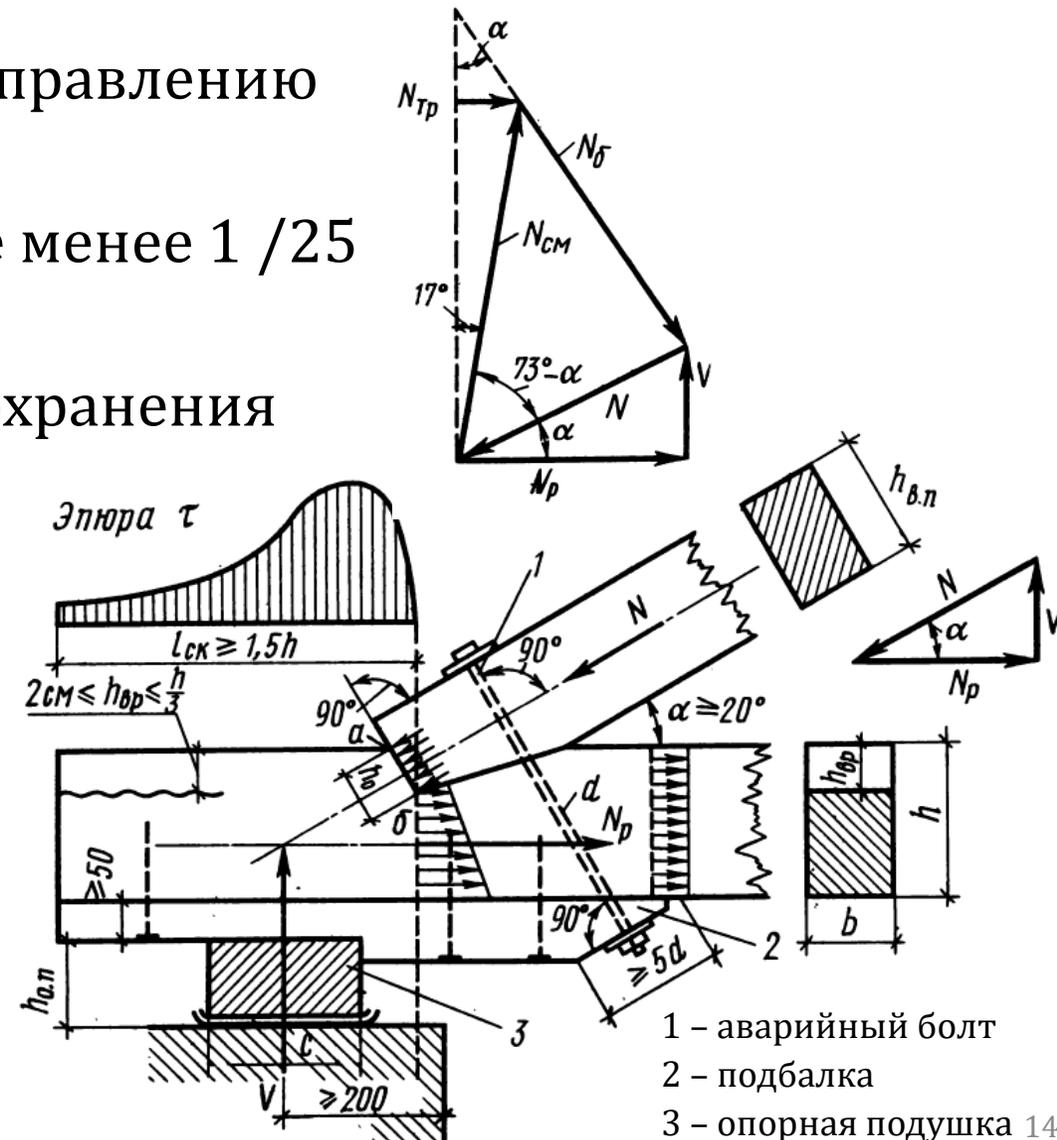
Болт принимают диаметром 12...24 мм, но не менее 1/25 его длины

Болт рассчитывают на **аварийный** случай сохранения соединения при **скалывании** древесины

Усилие, растягивающее болт при аварии, определяют с учетом сил трения между стыкуемыми элементами (принимается угол трения скольжения 17°):

$$N_6 = N \cdot \operatorname{tg}(73 - \alpha)$$

где N_6 – расчетное усилие в стяжном болте



Лобовые врубки бревенчатых элементов

Рассчитывают по приведенным выше формулам, при этом площадь смятия по форме кругового сегмента можно вычислять приближенно по формуле:

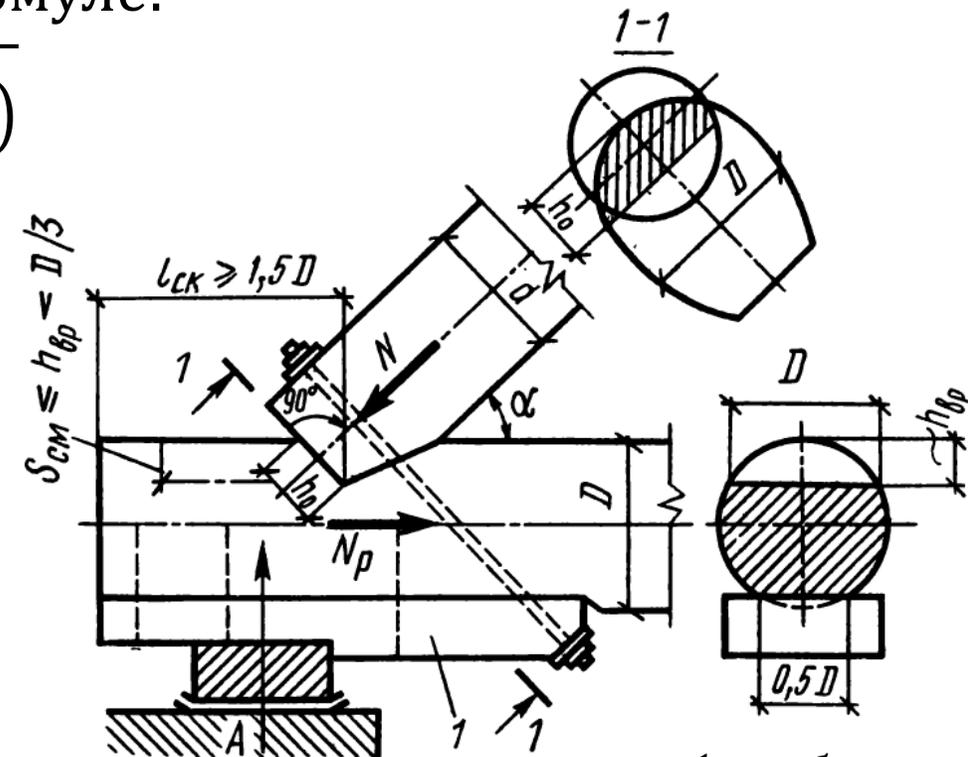
$$F_{\text{см}} \cong 0,71b \cdot h_{\text{вр}},$$

а хорду сегмента b на глубине врезки $h_{\text{вр}}$ по формуле:

$$b = 2\sqrt{h_{\text{вр}}(D - h_{\text{вр}})}$$

где D – диаметр бревна

В бревенчатых лобовых соединениях размер хорды сегмента примыкающего элемента следует принимать не менее размера хорды сегмента основного элемента

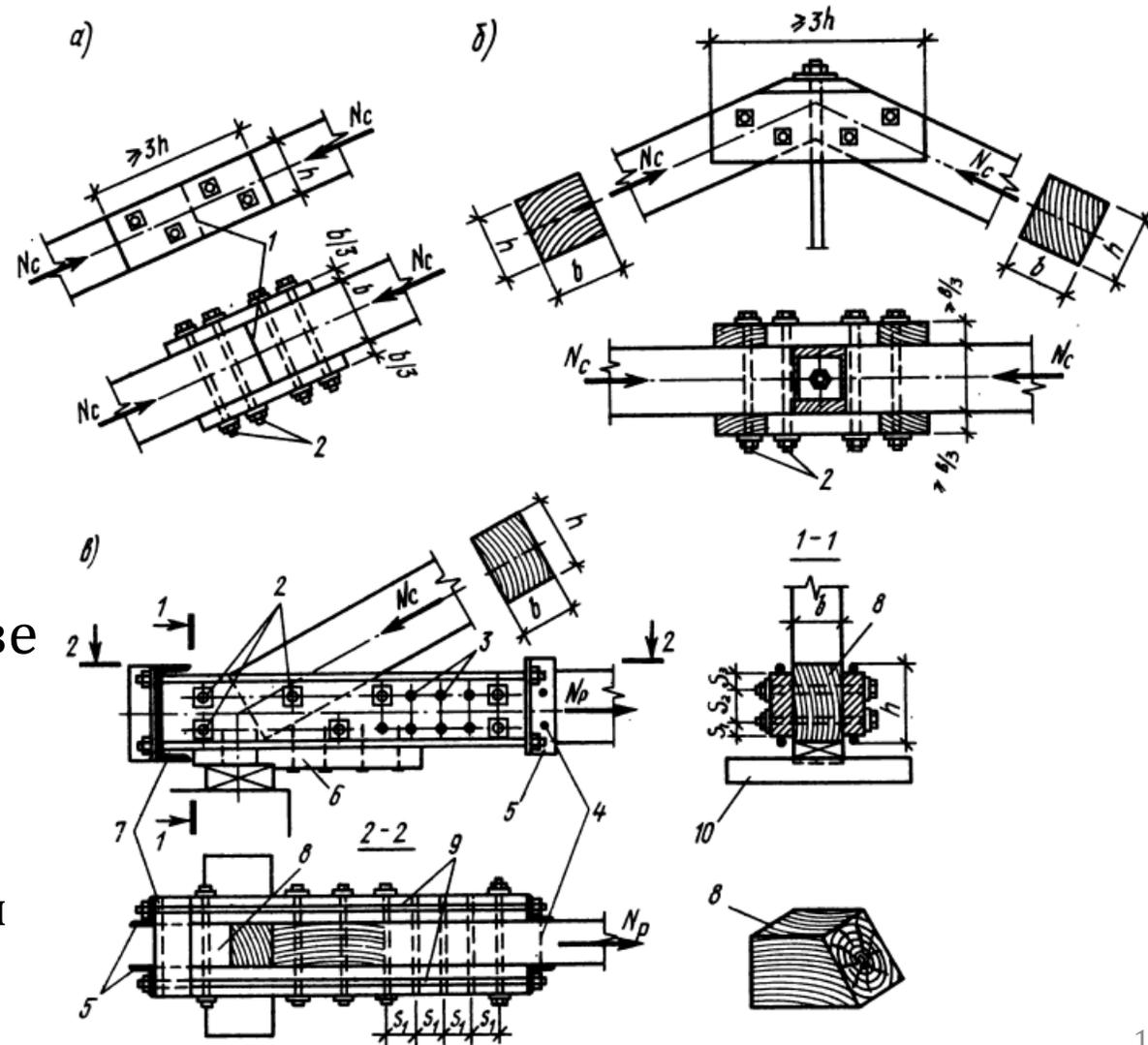


Простой лобовой упор

Применяют чаще всего при соединении двух сжатых элементов. В этом случае передача усилий происходит или непосредственно «торец в торец» и элементы работают на смятие вдоль волокон – рис. а), или под углом к волокнам – рис. б)

Для предотвращения смещения сопрягаемых элементов из плоскости с двух сторон стыка ставят накладки на стяжных болтах $\varnothing 12...16$ мм в количестве не менее двух с каждой стороны стыка

1 – плотная приторцовка; 2 – стяжные болты;
3 – нагели; 4 – шурупы; 5 – уголки; 6 – подбалка;
7 – швеллер; 8 – вкладыш; 9 – тяги; 10 – опорная подушка

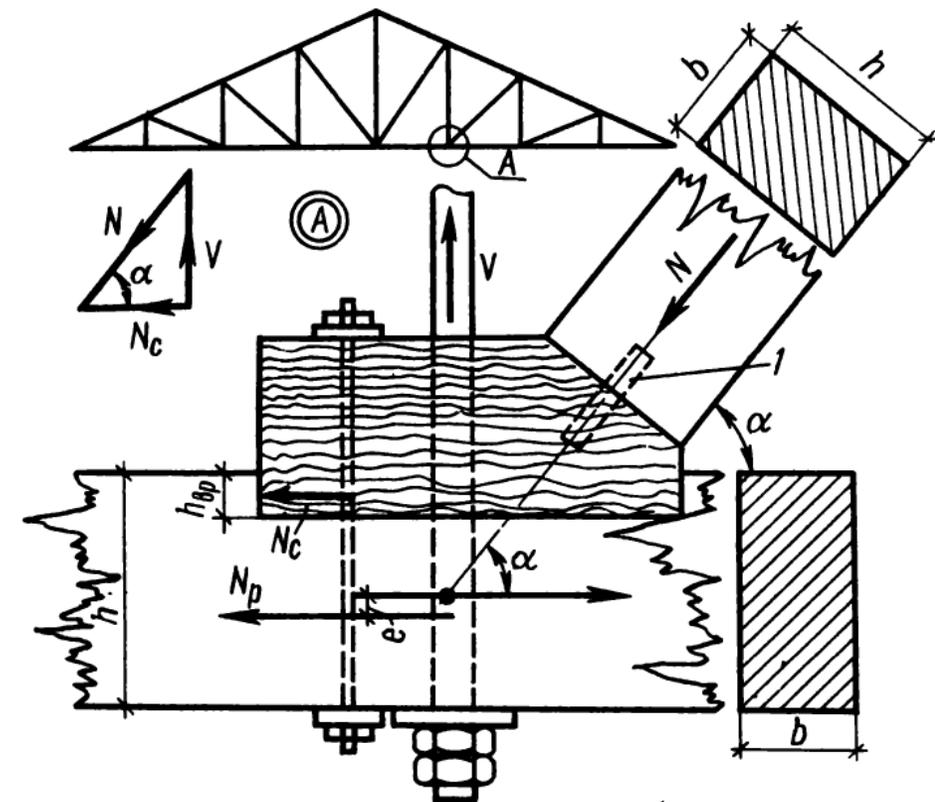


Врубка с подушкой

Конструируют в предположении, что подушка **плотно** вгоняется в гнездо основного элемента и держится в нем за счет **силы трения** и крепления **СТЯЖНЫМИ** болтами

Глубина врезки в данном случае меньше, чем в лобовой врубке, поскольку рассчитываемая площадь смятия (подушки и основного пояса) расположена нормально к направлению волокон и, кроме того, сжимающее усилие равно не полному усилию N в примыкающем элементе, а его проекции на ось основного элемента N_c

Сжатый элемент примыкает к подушке простым лобовым упором и крепится с подушкой штырем из круглой стали. Длину подушки делают не менее десяти глубин врезки $h_{вр}$



Врубка с подбабком

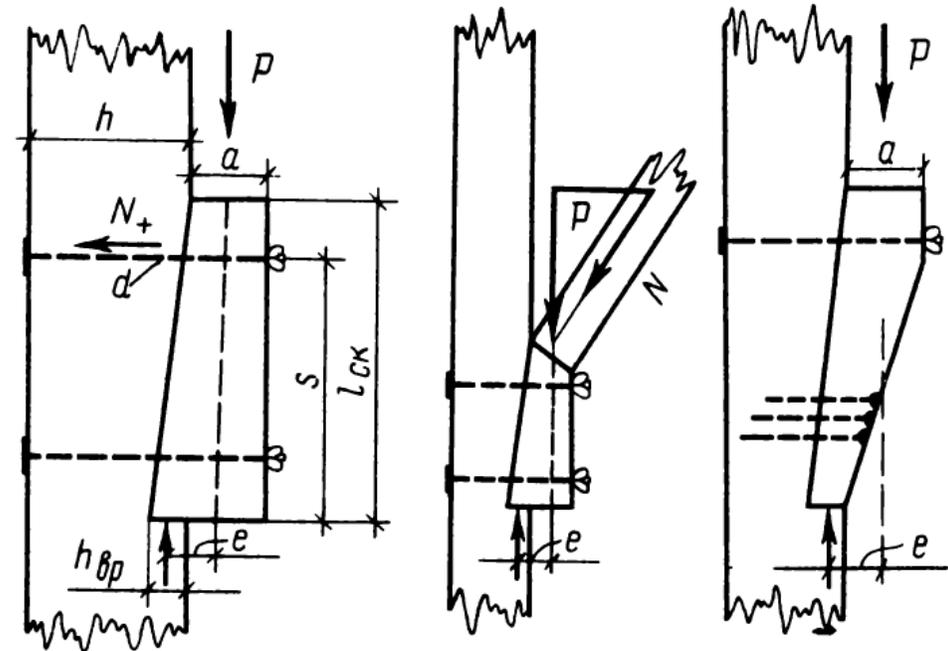
По конструкции и расчету аналогична врубке с подушкой. Вертикальное усилие P , приложенное к **подбабку** с эксцентриситетом e , создает **момент**:

$$M = P \cdot e = 0,5(a + h_{вр})P,$$

который погашается растягивающим усилием **болта**:

$$N_б = \frac{M}{S} = \frac{0,5(a + h_{вр})P}{S}$$

Длину **подбабка** $l_{ск}$ определяют из условия прочности на **скалывание**; она должна быть не менее $10h_{вр}$. При большой величине P подбабок делают с двумя-тремя зубьями одинаковой глубины. В данном случае расчетное сопротивление на скалывание надо снижать при двух зубьях на 20%, а при трех – на 50%

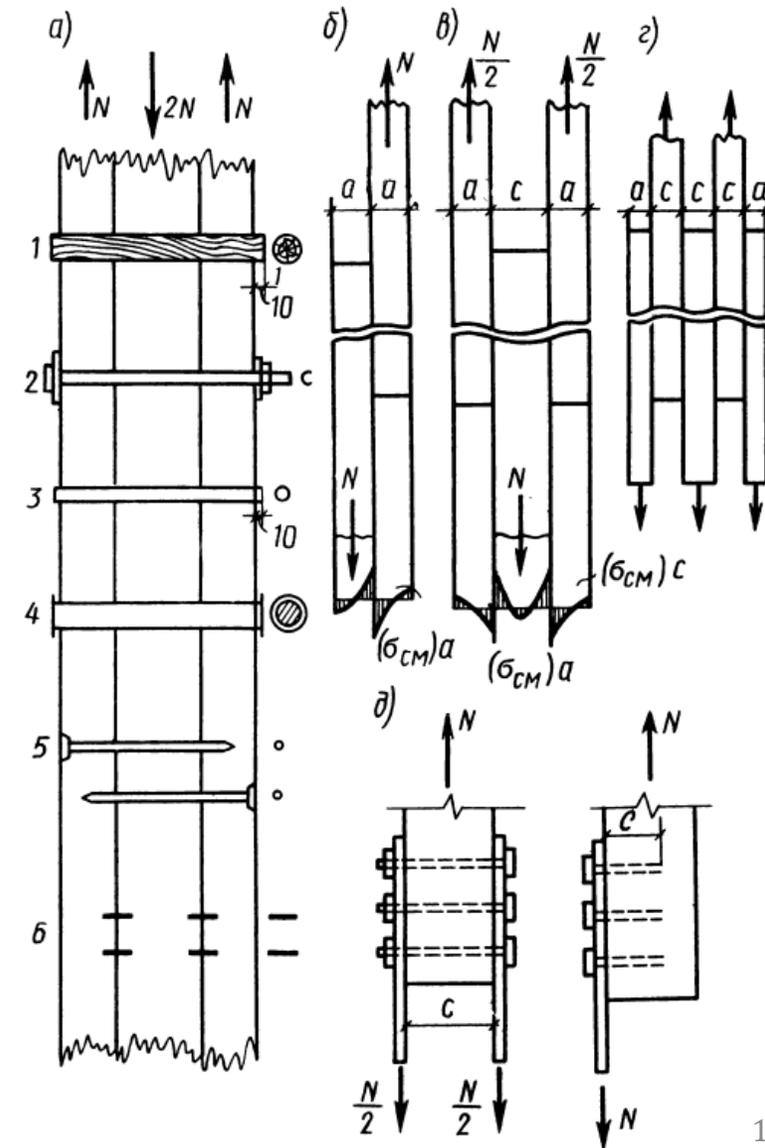


Соединения на нагелях

Нагелями называют **стержни** и **пластинки**, препятствующие взаимному сдвигу соединяемых элементов. **Нагельные** соединения в отличие от шпоночных работают без распоров: стяжные болты в них ставят лишь для уплотнения соединения

В **нагельном** соединении под нагрузкой сам нагель испытывает **изгиб**, сопровождаемый **сдвигом** (срезом), а древесина сплавиваемых элементов под нагелями подвергается **смятию** – рис. в)

Явление **среза** в чистом виде в **нагельных** соединениях не проявляется (под «срезом» нагеля подразумевают передачу касательных сил через нагель в рабочем пересечении нагеля с плоскостью сплачивания)



Типы нагельных соединений и виды нагелей

Типы соединений:

б) – несимметричное односрезное

в) и г) – симметричное двухсрезное и четырехсрезное

д) – на стальных накладках

Виды нагелей на рис. а):

1 – дубовый нагель

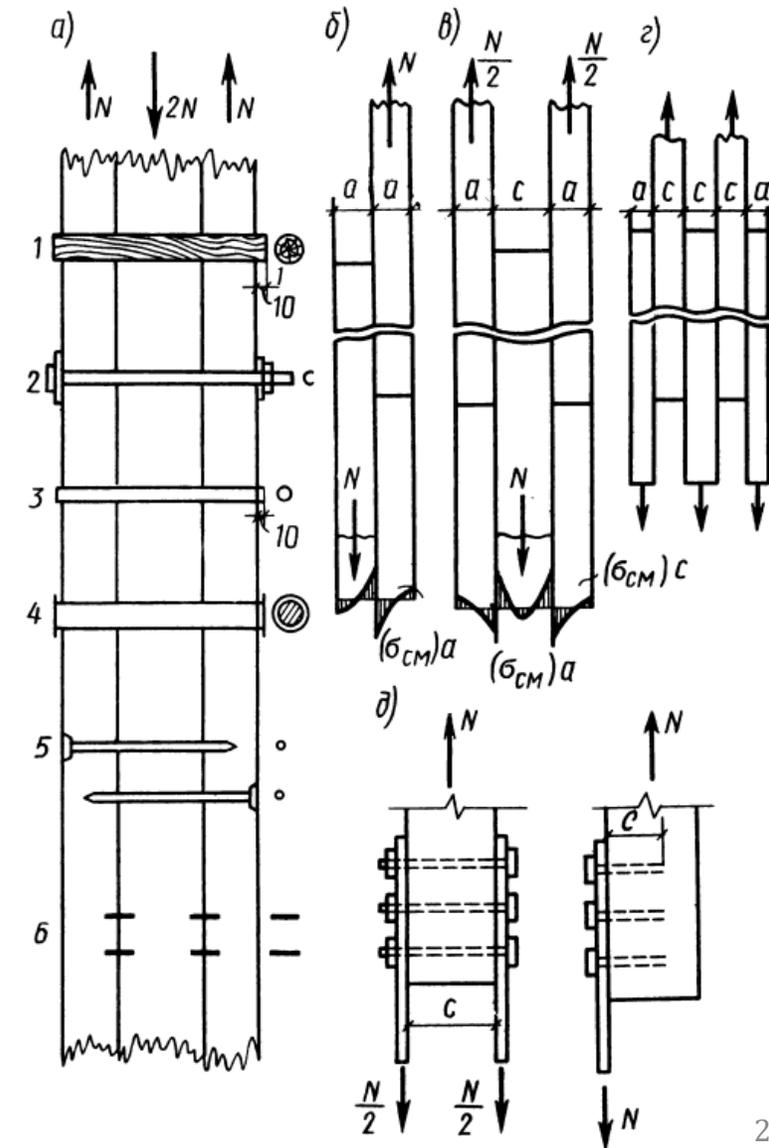
2 – болт

3 – стальной нагель

4 – пустотелый нагель

5 – гвозди

6 – пластинчатые нагели



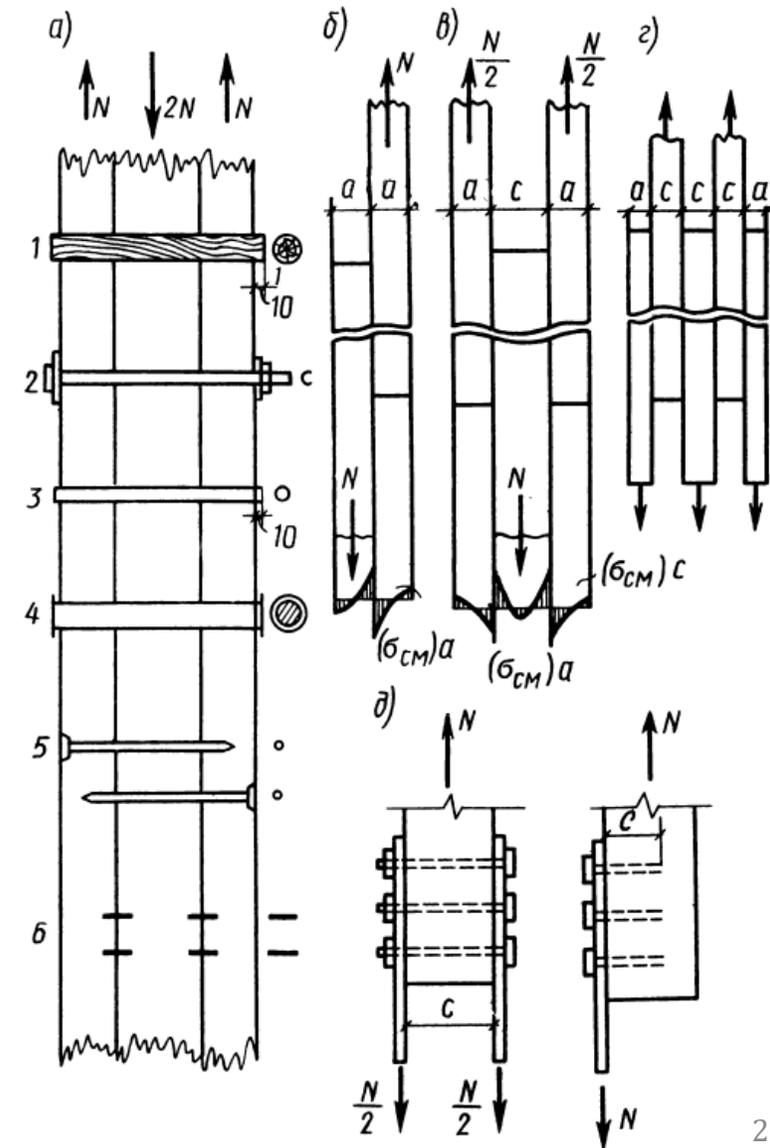
Способ устройства нагелей

Нагели бывают стальные и деревянные. По форме различают **цилиндрические** нагели – стальные сплошные и трубчатые, штыри, болты, из круглой стали, дубовые нагели, гвозди и **пластинчатые** нагели – дубовые и стальные пластинки – рис. а)

При изготовлении болты, штыри, цилиндрические дубовые нагели, пластинчатые **нагели** закладывают в заранее приготовленные отверстия или гнезда

Гвозди забивают в целую древесину, винты и шурупы заворачивают в **отверстия** несколько меньшего диаметра, чем сами нагели

Все нагельные соединения должны быть плотными



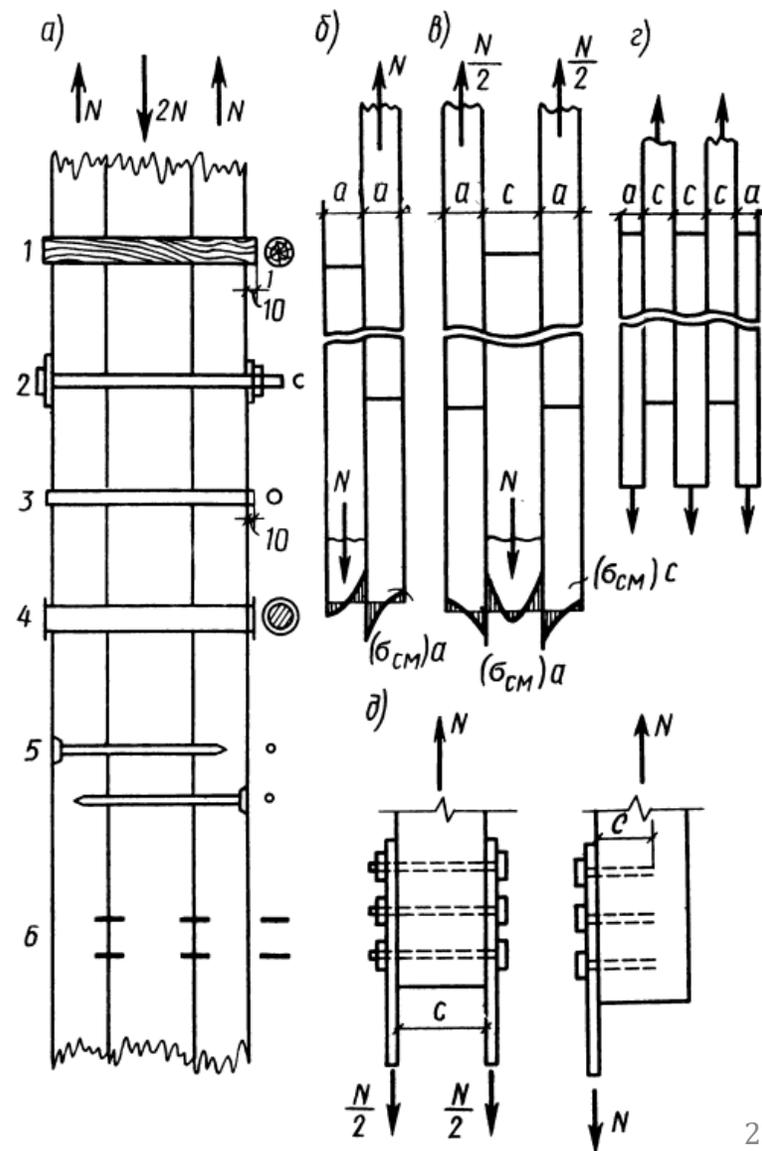
Материал и форма нагелей

В современной практике строительства наибольшее распространение получили нагели из **круглой** стали и **гвозди**. Нагели из круглой стали применяют в основном для стыкования элемента, для сплачивания составных сжатых элементов, гвозди – для сплачивания составных сжатых элементов из досок. В узловых сопряжениях нагели из круглой стали и гвозди применяют лишь при малых усилиях и элементах решетки ферм

Дубовые цилиндрические нагели используют в конструкциях без металла

Стальные пластинчатые – только в автодорожных мостах

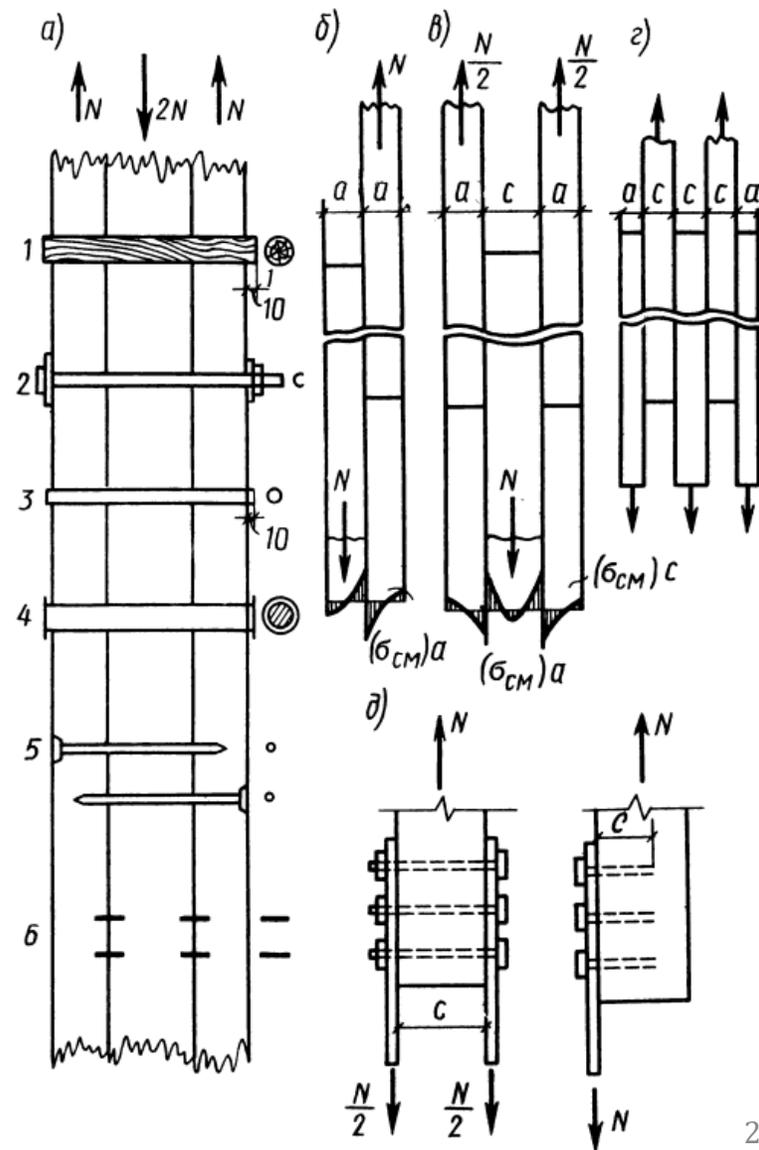
Деревянные пластинчатые нагели применяют редко – для продольного сплачивания брусьев в стержнях составных сечений



Особенности нагельных соединений

Нагельные соединения могут быть односрезные – рис. б), двусрезные – рис. в) и многосрезные – рис. г), а также симметричные – рис. в) и г) и несимметричные – рис. б). При значительных сдвигах **нагелей** и частом их размещении между ними может происходить скалывание древесины, поэтому предельные расстояния между **нагелями** нормируются

Перед разрушением **нагельные** сопряжения получают большие **деформации** (10...50 мм), поэтому их относят к **податливым** соединениям. Нагельные сопряжения достаточно надежны и экономичны по расходу древесины, малочувствительны к местным дефектам, так как многие из них незначительно ослабляют сопрягаемые элементы, просты и дешевы в изготовлении, поскольку сверление гнезд для них производят средствами малой механизации, контроль качества работы не вызывает затруднений



Конструирование нагельных соединений

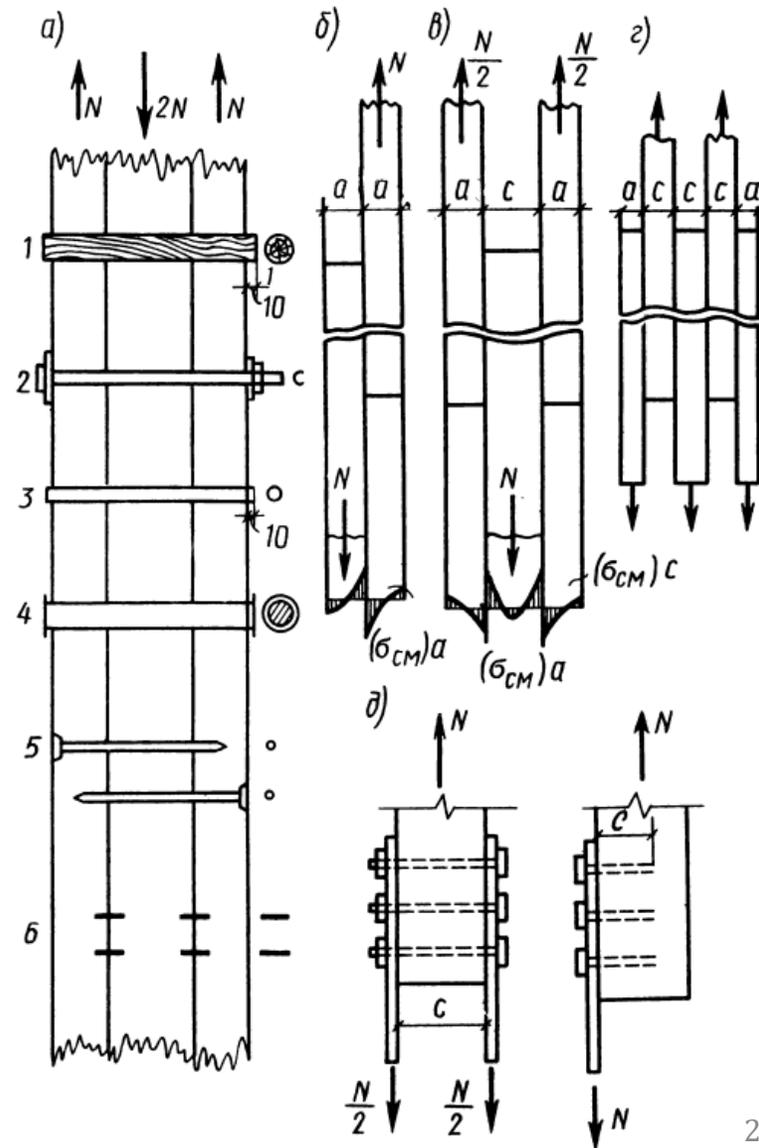
При конструировании **нагельных** сопряжений следует иметь в виду, что нагели, как правило, маломощны, вследствие чего нагельные сопряжения **многорядны**

Не допускают нагельные сопряжения с одним продольным рядом **нагелей**, поскольку в средней части по высоте сечения элемента возможно образование трещин от **усушки**

Следует также избегать сопряжений с тремя-четырьмя рядами нагелей (кроме гвоздей). Обычно применяют сопряжения с двумя продольными рядами нагелей

При больших диаметрах нагелей вследствие высокой жесткости нагеля на изгиб может произойти хрупкое разрушение от скалывания или раскалывания стыкуемых элементов по плоскости между гнездами нагелей.

Поэтому не рекомендуется применять нагели диаметром более **24 мм**



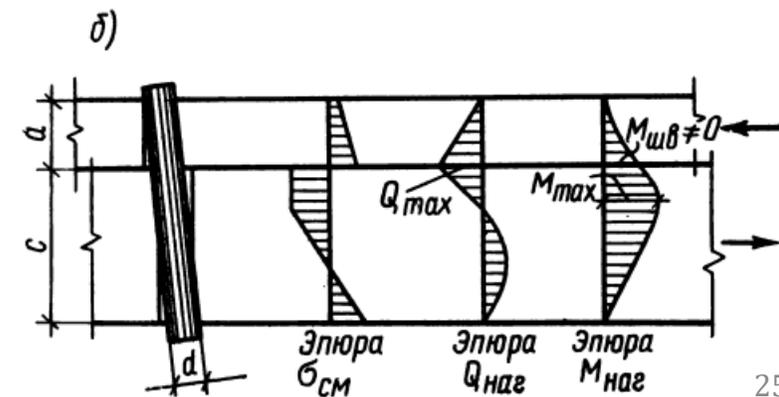
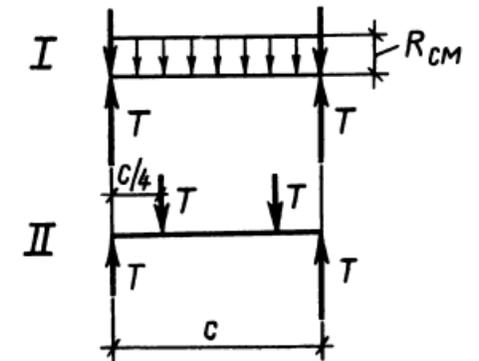
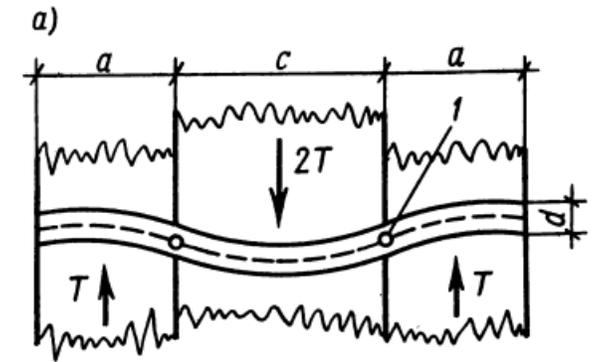
Стальные цилиндрические нагели

Цилиндрические **нагели** (болты, стержни) изготавливают из круглой прокатной стали диаметром от 12 до 24 мм (через 2 мм); их вводят в отверстия равного с ними диаметра

Переднему концу нагеля придают коническую форму, чтобы при забивке его не повреждалась древесина гнезда

Длина нагеля должна превышать проектную толщину пакета на 1...2 см

Цилиндрические **нагели** – одно из основных средств соединения растянутых деревянных элементов

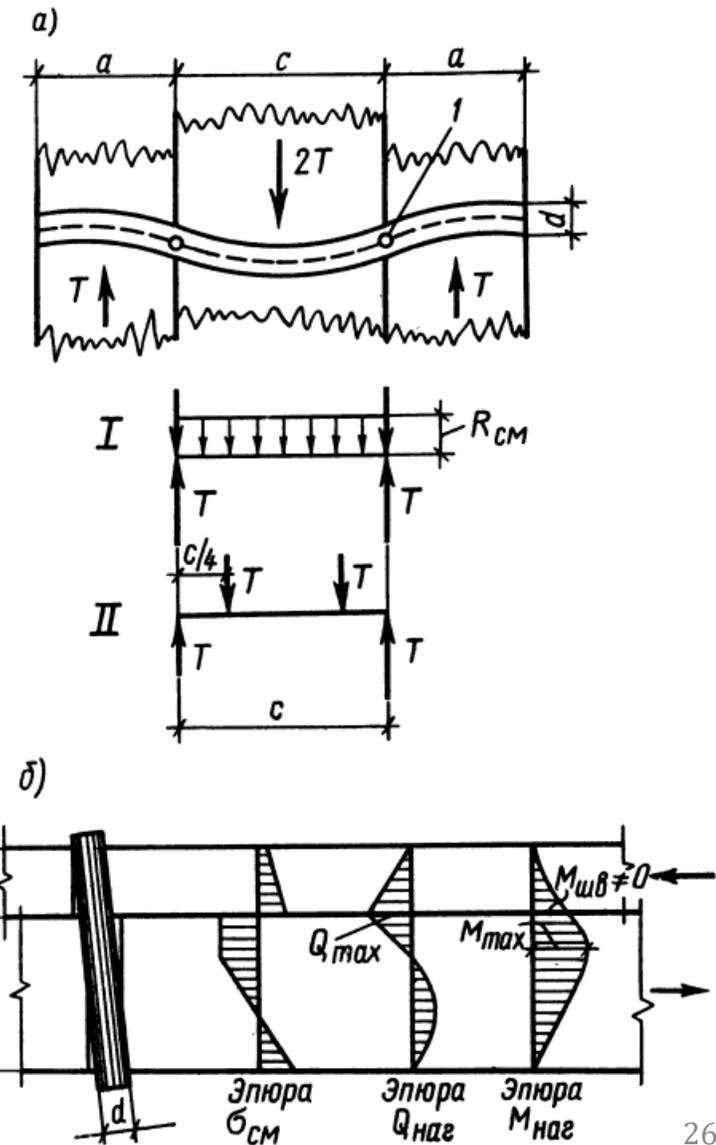


Стальные цилиндрические нагели

Несущую способность нагельных соединений определяют в предельной стадии с учетом **упругопластической** работы нагеля на **изгиб** и древесины стыкуемых элементов на **смятие** до достижения расчетного сопротивления древесины на смятие $R_{см}$ и стали нагелей на изгиб R_y одновременно

При этом используют **линейную** зависимость между напряжениями и деформациями. Упрощенно расчетная схема нагеля при симметричном двусрезном соединении может быть представлена в виде **балки** длиной c нагруженной двумя сосредоточенными силами в четвертях пролета, причем приближенно считают, что по швам среза нагеля изгибающий момент равен нулю – рис. **а)**, то изгибающий момент в средней части нагеля:

$$M = 1/4 \cdot c \cdot T$$



Расчет стальных цилиндрических нагелей

Расчетная схема на рис. а), тогда изгибающий момент в средней части нагеля по формуле:

$$M = 1/4 \cdot c \cdot T$$

С учетом сопротивления нагеля **изгибу** – $M = R_y \cdot W$ и древесины **смятию** получим несущие способности на один срез:

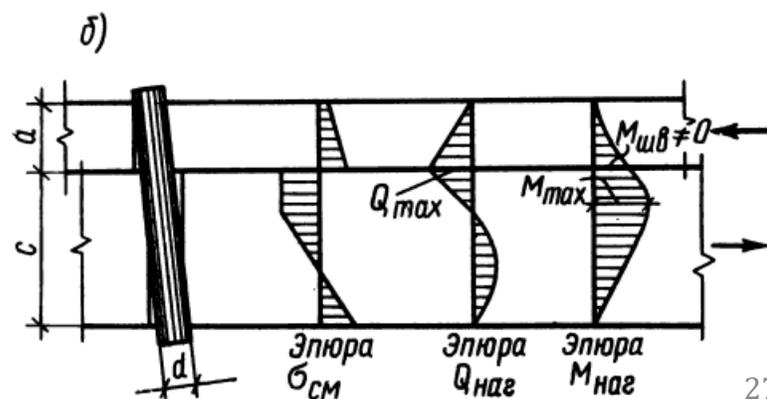
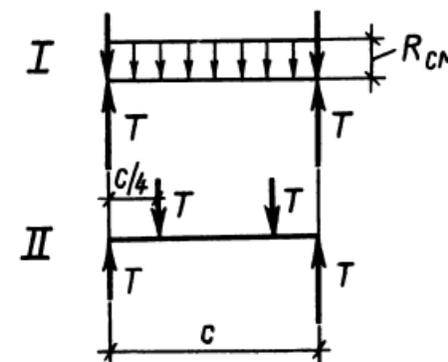
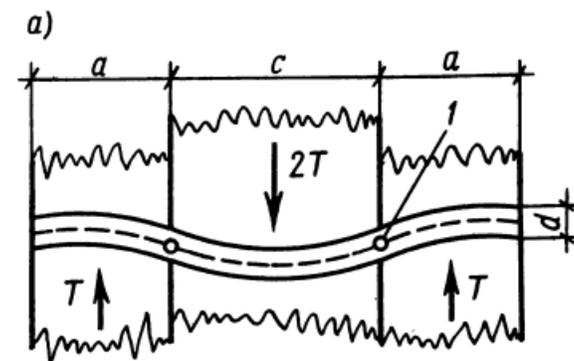
$$T_{и} = \frac{4R_y \cdot W}{c} \quad \text{и} \quad T_c = d \cdot R_{см} \frac{c}{2}$$

где $W = \frac{I_k}{R} = \frac{\pi r^4}{4r} = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$ – момент сопротивления нагеля;

r и d – радиус и диаметр поперечного сечения нагеля,

Откуда при $T_{и} = T_c$ определим c и затем $T_{и}$:

$$c = \sqrt{\frac{8R_y \cdot W}{d \cdot R_{см}}} \rightarrow T_{и} = \frac{4R_y \cdot W \sqrt{d \cdot R_{см}}}{\sqrt{8R_y \cdot W}} = 0,44d^2 \sqrt{R_y \cdot R_{см}}$$

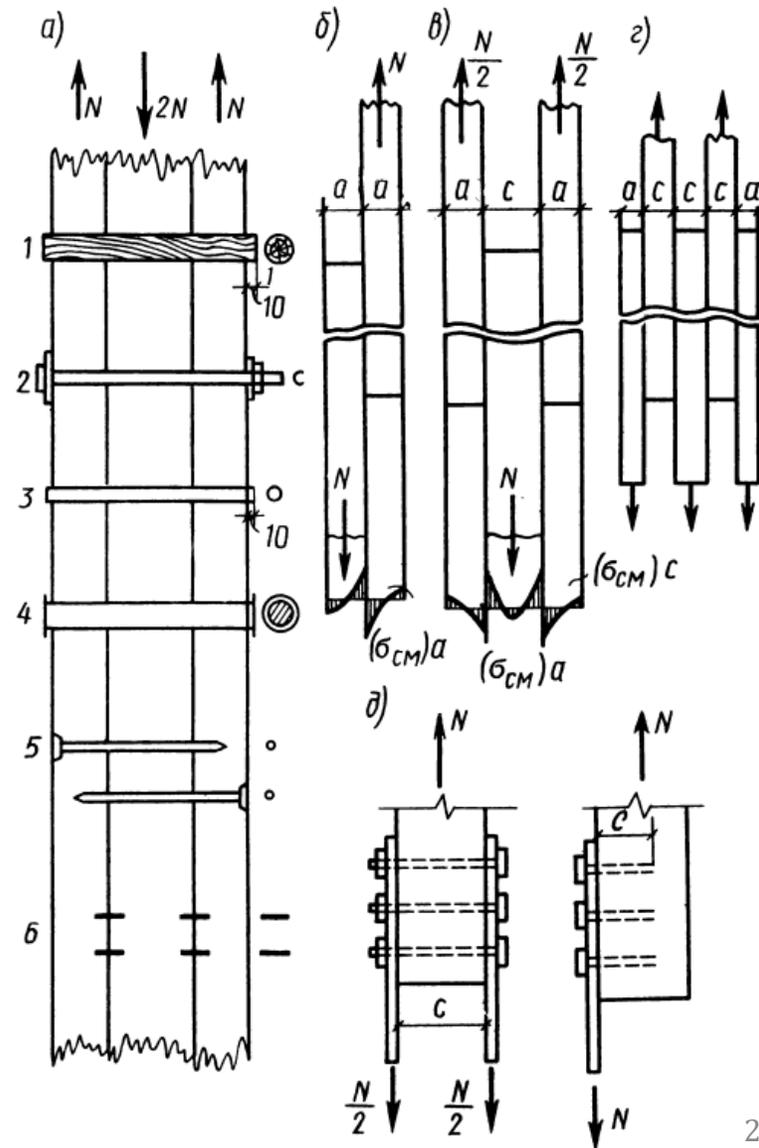


Гвоздевые соединения

Гвозди, как и цилиндрические **нагели** малых размеров, широко применяют для соединения элементов деревянных конструкций

При диаметре $d_{ГВ} \leq 6$ мм в соединениях элементов из древесины хвойных пород (за исключением лиственницы) и **мягких** лиственных пород **гвозди** забивают без предварительной **рассверловки** гнезд

При соединении элементов из древесины лиственницы и **твердых** лиственных пород, а также при диаметре гвоздей более 6 мм необходима предварительная **рассверловка** гнезд диаметром $d_{РС} \cong 0,9d_{ГВ}$

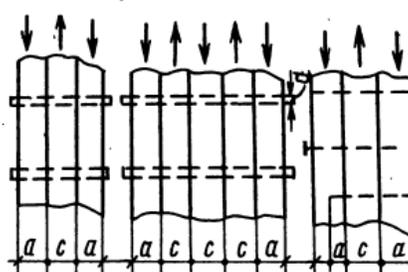
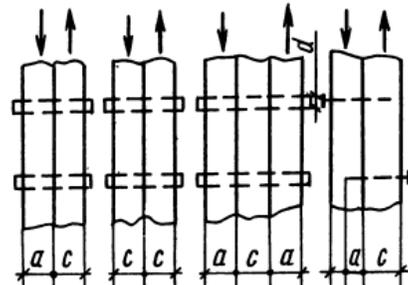


Гвоздевые соединения

Гвозди при забивке уплотняют древесину, что увеличивает ее сопротивление **смятию** поперек волокон. Поэтому несущая способность гвоздей, по условию смятия древесины под ними, не зависит от **угла наклона** действующего усилия к направлению волокон

Поскольку **гвоздевые** соединения обладают **податливостью**, для растянутых элементов их **не рекомендуют**

Несущая способность **гвоздя** на один срез в соединениях из сосны и ели при любом угле смятия принимают как наименьшее из трех значений, определяемых по таблице:

Схема работы соединения	Напряженное состояние соединения	Расчетная несущая способность на один срез (шов), кН (кгс)		
		гвоздя	стального нагеля	дубового нагеля
<p><i>Симметричные соединения</i></p> 	<p>Смятие в средних элементах</p> <p>Смятие в крайних элементах</p>	0,5cd (50 cd)	0,5 (50 ad)	0,3cd (30 cd)
		0,8 ad (80 ad)	0,8 ad (80 ad)	0,5 ad (50 ad)
<p><i>Несимметричные соединения</i></p> 	<p>Смятие во всех элементах равной толщины, а также в более толстых элементах односрезных соединений</p> <p>Смятие в более тонких крайних элементах</p> <p>Изгиб нагеля</p>	0,35cd (35 ad)	0,35cd (35 ad)	0,2cd (20 cd)
		0,8ad (80 ad)	0,8ad (80 ad)	0,5ad (50 ad)
<p><i>Симметричные и несимметричные соединения</i></p>		$2,5d^2 + 0,01a^2$, но не более $4d^2$	$1,8d^2 + 0,02a^2$, но не более $2,5d^2$	$0,45d^2 + 0,02a^2$, но не более $0,65d^2$

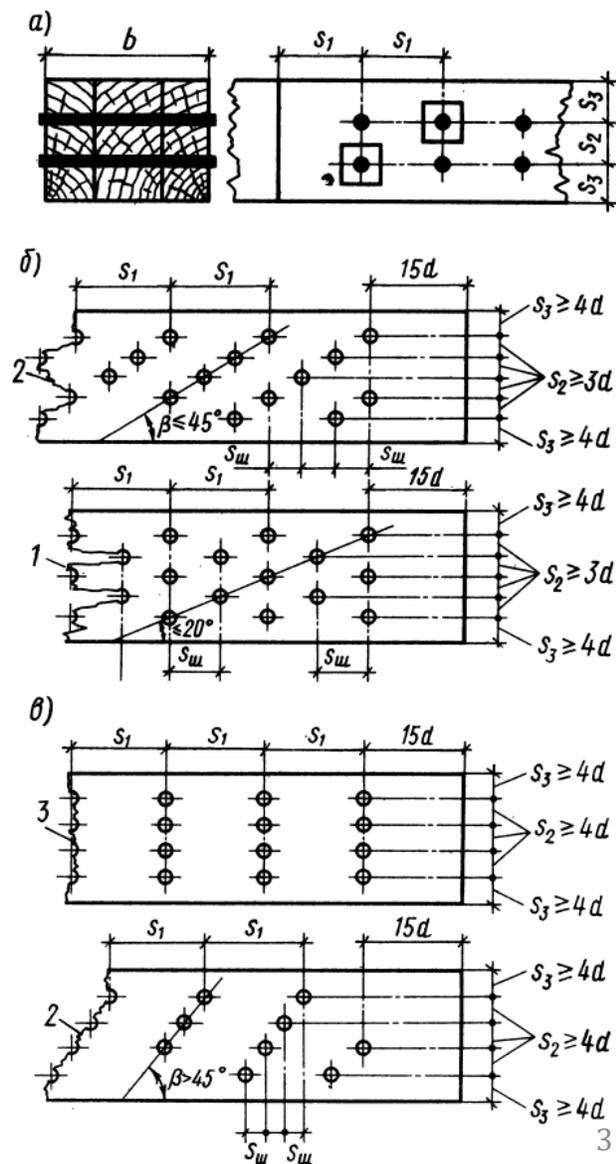
Расстановка гвоздей в соединениях

В соединениях применяют расстановку гвоздей прямую – рис. а), шахматную и косыми рядами – рис. б)

При определении площади ослабления гвоздями соединяемых элементов диаметр отверстия принимают равным диаметру гвоздя

Ослабление при прямой расстановке гвоздей учитывают как сумму ослаблений всеми гвоздями ряда. При шахматной расстановке – как сумму ослаблений гвоздями четных и нечетных полурядов. При расстановке косыми рядами – как сумму ослаблений всеми гвоздями косого ряда, считая их совмещенными в одном сечении – рис. б)

Минимально допустимые расстояния между осями гвоздей приведены в таблице на следующем слайде:



Минимально допустимые расстояния:

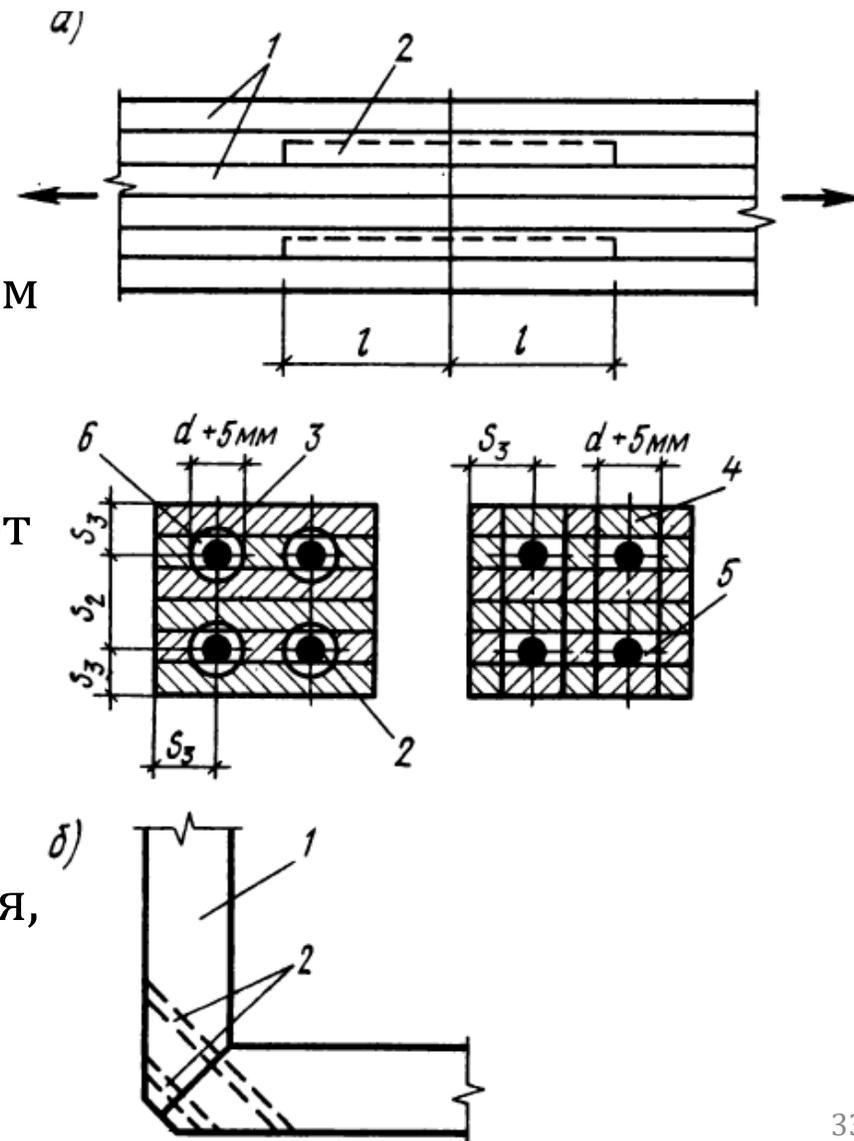
Тип нагелей	Расстояния (см. рис. 10.9)					
	s_1		s_2		s_3	
	$b \leq 10d$	$b > 10d$	$b \leq 10d$	$b > 10d$	$b \leq 10d$	$b > 10d$
Стальные цилиндрические	$6d$	$7d$	$3d$	$3,5d$	$2,5d$	$3d$
Дубовые цилиндрические	$4d$	$5d$	$2,5d$	$3d$	$2,5d$	$2,5d$
Гвозди	Для пробиваемых элементов* $c \geq 10d_{гв}$ $c = 4d_{гв}$		Прямая расстановка гвоздей	Шахматная расстановка гвоздей и косыми рядами под углом $\alpha \leq 45^\circ$	$4d_{гв}$	
	$15d_{гв}$	$25d_{гв}$	$4d_{гв}$	$3d_{гв}$		

Соединения на клеенных стальных стержнях

Представляют собой **клееметаллические** соединения деревянных элементов с помощью клеенных или наклеенных стальных стержней из арматуры периодического профиля класса А400 и выше, диаметром от 12 до 25 мм

Вклеенные в прямоугольные пазы или круглые отверстия на основе эпоксидных смол, они обеспечивают надежное соединение древесины с металлом

Диаметры отверстий или размеры пазов принимаются более номинальных диаметров вклеиваемых стержней на **5 мм**. Глубина вклеивания **l** должна приниматься по расчету, но не менее **10** и не более **30** диаметров стержня, расстояние между стержнями не менее **$3d$** , а до наружных граней – не менее **$2d$**



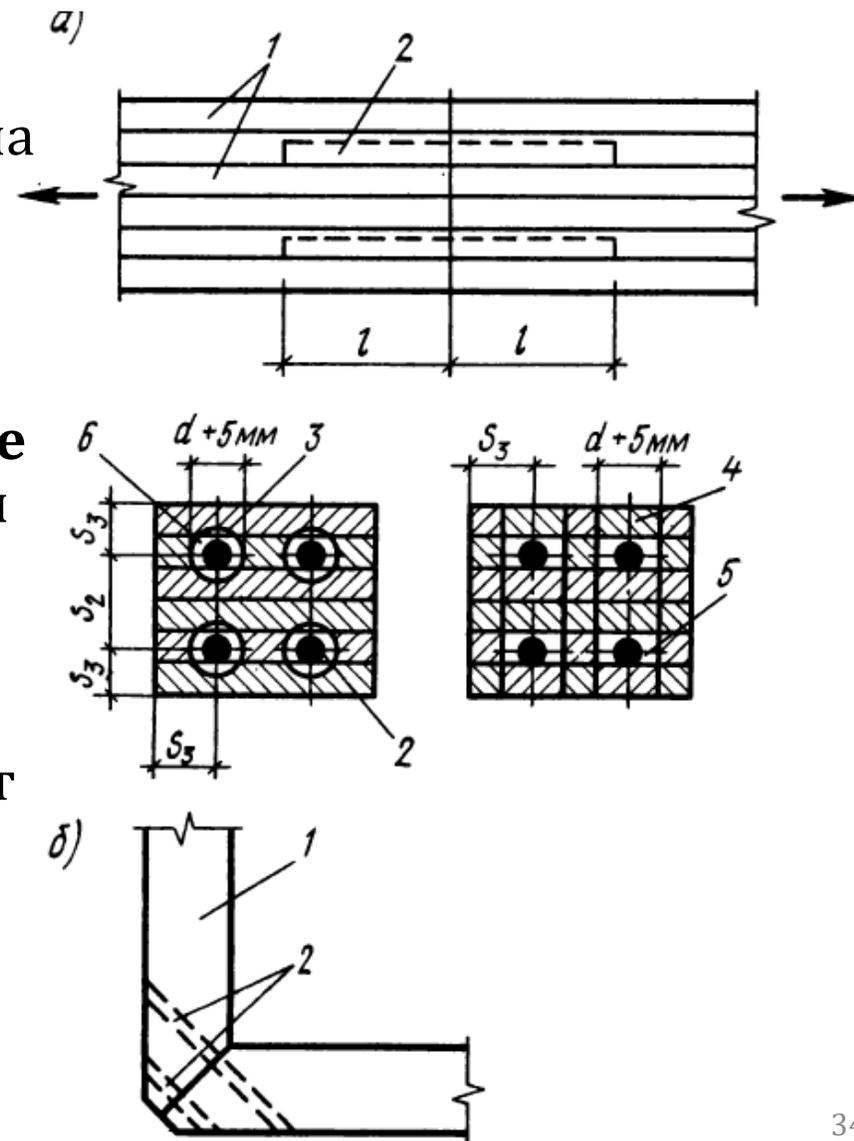
Назначение соединений на клеенных стержнях

Вклеенные стержни применяют для продольного и углового соединения клееных элементов, работающих на продольные **силы** или изгибающие **моменты**

Они воспринимают продольные силы при **растяжении** (выдергивание) или **сжатии** (вдавливание)

Клеевые соединения стержней работают на **скалывание** по площади, равной произведению глубины вклеивания l на периметр отверстия $\pi(d + 0,5)$ см

Напряжения **скалывания** распределяются по длине вклеивания неравномерно, уменьшаясь к концам стержней. Расчет соединения на скалывание производят с учетом коэффициента k_c , учитывающего неравномерность распределения напряжений сдвига в зависимости от диаметра и длины заделываемой части стержня



Расчет соединений на вклеенных стержнях

Расчетную несущую способность, кН (кгс), **вклеиваемого** стержня в растянутых или сжатых стыках элементов деревянных конструкций из сосны и ели определяют по **скалыванию** клеевых соединений по формуле:

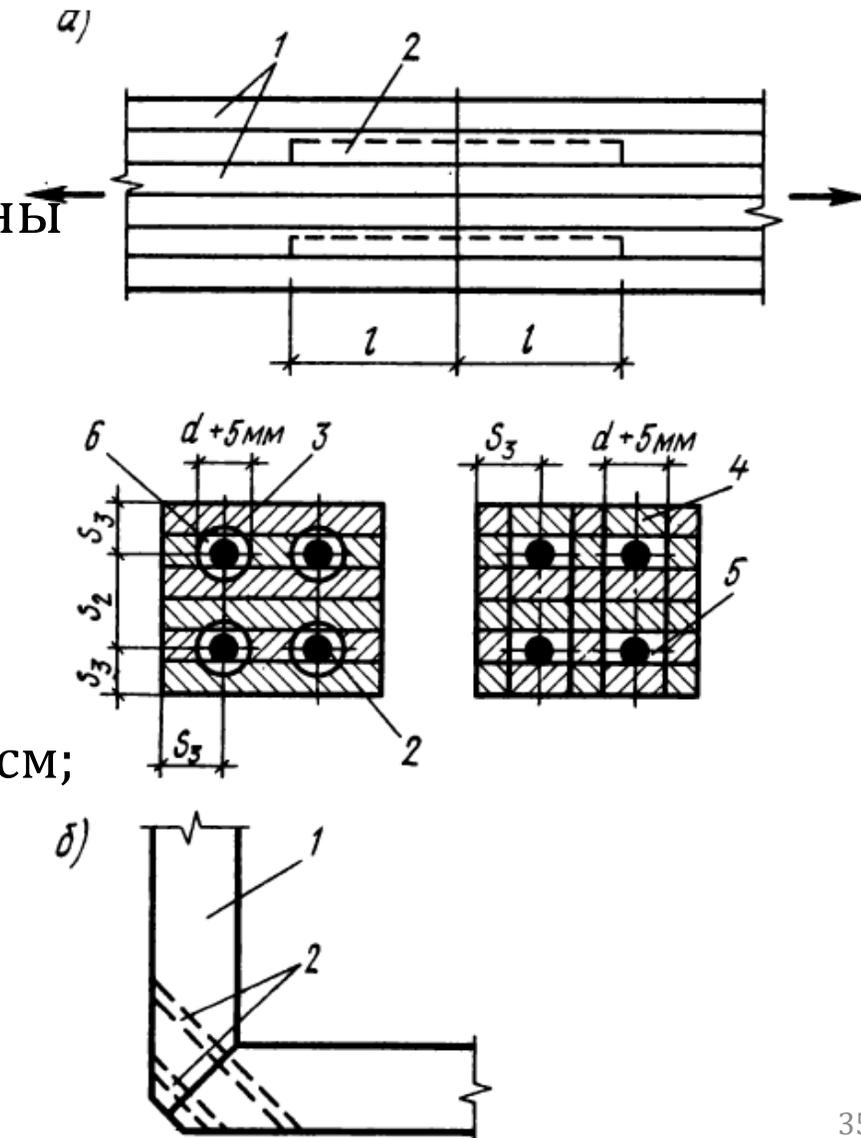
$$T = R_{ск} \cdot \pi(d + 0,5)l \cdot k_c$$

где $R_{ск}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию, МПа;

d – номинальный диаметр вклеиваемого стержня, см;

l – длина заделываемой части стержня ($10d < l < 30d$), см;

$k_c = 1,2 \dots 0,02(l/d)$ – коэффициент неравномерного распределения напряжений сдвига



Соединения на клею

Склеивание древесины – наиболее прогрессивный способ соединения элементов, отвечающий индустриальным типам деревянных конструкций. Наличие **водостойких** клеев (на основе синтетических смол) открыло возможности широкого использования клееных конструкций в индустриальном строительстве

Клеевые соединения отличаются от **нагельных** лучшим использованием древесины, так как в них соединяемые элементы не ослабляются отверстиями и врезками. Такие соединения позволяют компоновать крупные элементы из мелкогабаритного сортамента, использовать древесину более низких сортов в менее напряженных местах конструкций

Клеевые швы практически **неподатливы**. Клеевые соединения надежно работают на сдвиг по швам, менее надежно на растяжение, поэтому для стыкования растянутых элементов их не рекомендуют

Состав и требования к клею

В настоящее время применяют **клееные** конструкции **дощатые** в сочетании со строительной фанерой, а также с фанерой и сталью

Применяемые **клеи** должны иметь прочность не ниже прочности древесины на скалывание вдоль и растяжение поперек волокон. Наиболее распространенными **водостойкими** клеями являются синтетические фенолформальдегидные клеи **КБ-3** и **СП-2**

Клей **КБ-3** состоит из фенолформальдегидной смолы Б (100 мас. ч.) и отвердителя (контакт Петрова, 15-25 мас. ч.)

Клей **СП-2** состоит из формальдегидной смолы СП-2 (100 мас. ч.) и контакта Петрова (30-40 мас. ч.)

Отвердитель вызывает ускоренное загустевание (полимеризацию) смолы и быстрое нарастание прочности **клеевого** шва

мас. ч. (массовая часть) – отношению массы компонента к полной массе состава в %

Применяемые клеи

Для склеивания древесины применяют **водостойкие** резорциновые клеи. Наиболее прочный из них клей, марки **ФР-12** (резорцино-формальдегидный). Основные преимущества резорциновых клеев перед фенолформальдегидными – это меньшая токсичность компонентов и большая стабильность свойств **СМОЛЫ** при хранении, а вследствие этого и большая однородность механических свойств клеевого шва

К средневодостойким клеям относят казеино-цементный клей, приготовленный из смеси казеинового порошка (100 мас. ч.) и портландцемента марки не ниже **400** (70 мас. ч.), затворенный на воде (220...250 мас. ч.) при температуре 10...20°C

Введение портландцемента значительно увеличивает прочность, водостойкость и биостойкость казеинового клея, однако после длительного вымачивания образцов прочность казенно-цементного клея уменьшается почти вдвое, отчего его применяют для деревянных конструкций, защищенных от систематического увлажнения

Соединения на клею

Металлические элементы приклеивают к древесине универсальными водостойкими клеями марок **БФ-2** и **БФ-4** горячего твердения с **нагревом** при $t = 100 \dots 150 \text{ }^\circ\text{C}$

Для несущих **клееных** конструкций применяют пиломатериалы, доски и брусья **хвойных** пород с влажностью не более 12%. Они должны иметь **толщину** не более **72** мм в прямолинейных элементах и не более **33** мм в криволинейных в целях снижения дополнительных **напряжений** и более равномерного распределения давления по площади клееных швов при запрессовке элементов

Для **клееных** фанерных конструкций применяют **фанеру** повышенной водостойкости – марки **ФСФ**, склеенную фенольными клеями, и средней водостойкости (для конструкций сухих помещений) – марки **ФК**, склеенную карбамидными клеями **КФ**

Виды клееных сопряжений:

а) – по пластям

б) – по пластям и кромкам

в) – по пластям со стыками впритык по ширине

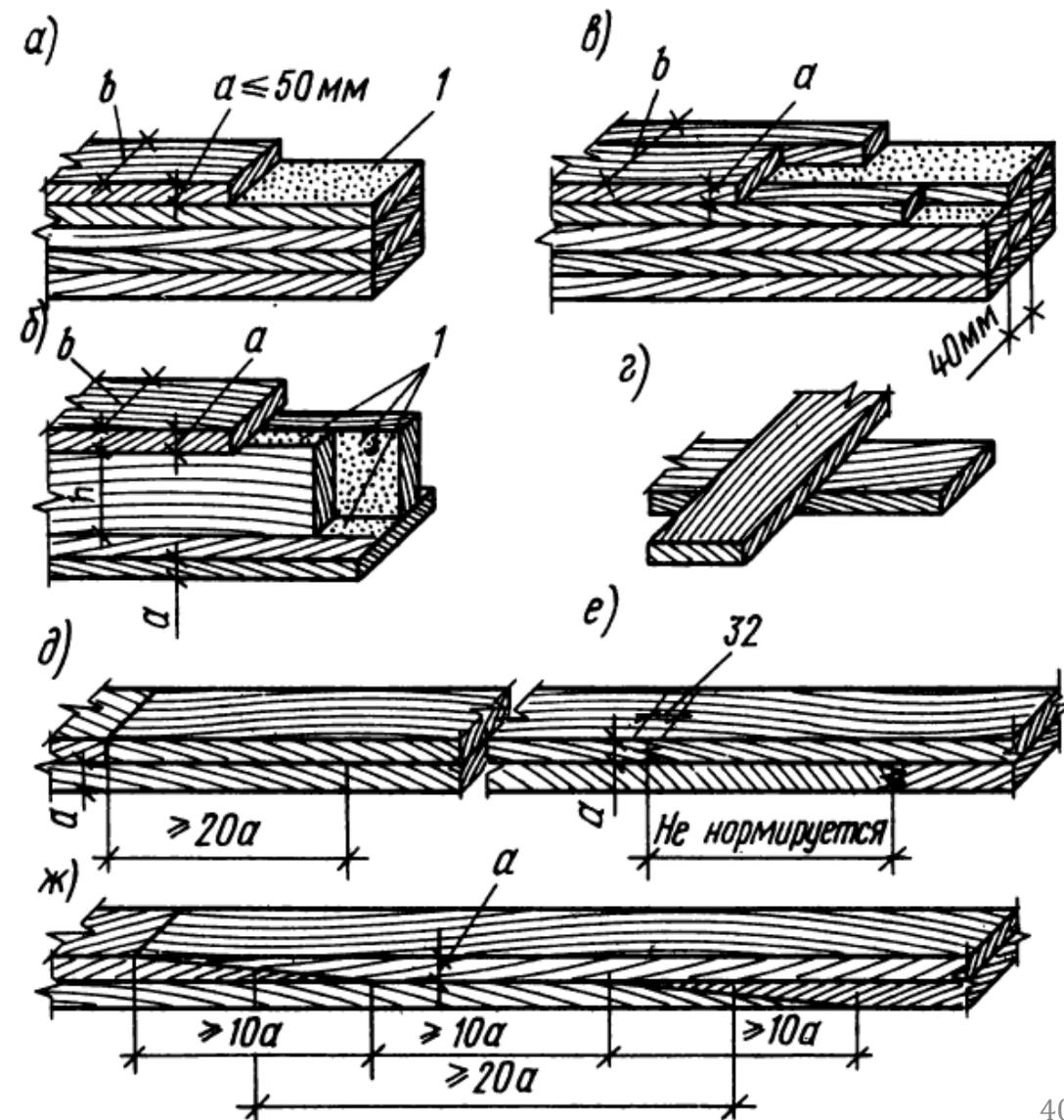
г) – под углом (не рекомендуется)

д) – впритык по длине

е) – по длине с «зубчатым шипом»

ж) – по длине на «ус»

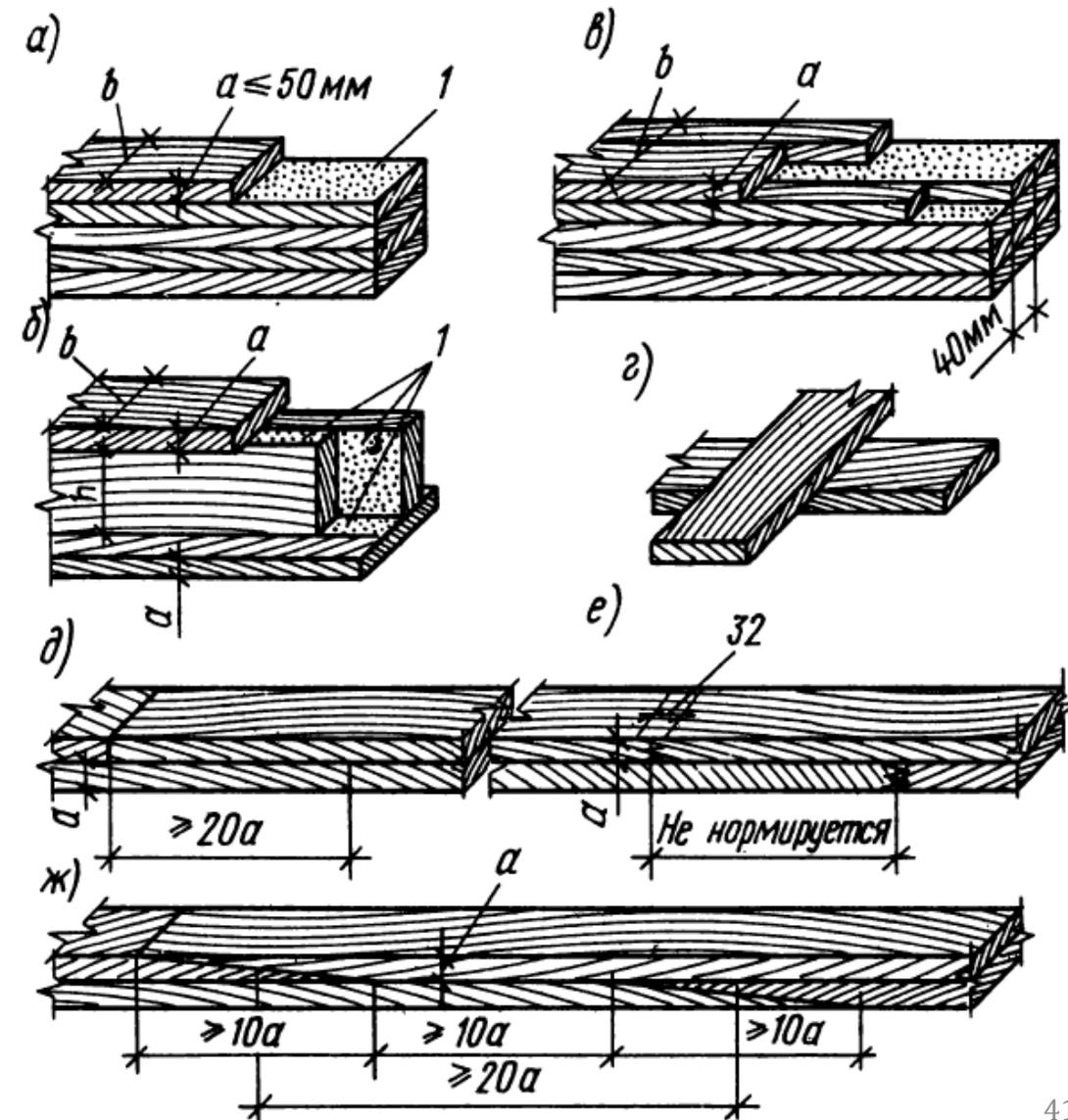
1 – клей



Виды клееных сопряжений:

Основной вид **клееного** сопряжения – продольная склейка досок в **пакете** по пластям или по пластям и кромкам – рис. а)...в). Склейка досок под углом – рис. г) не рекомендуется вследствие значительной разницы в усадочных деформациях древесины вдоль и поперек волокон

В последнее время нашли применение клееные сваи и шпунты. Клееные **сваи** из досок применяют сечением до 40×40 см и длиной до 20 м. Такие сваи хорошо выдерживают ударные воздействия при забивке, имеют сравнительно небольшую массу и достаточно долговечны



Формы сечений клееных элементов:

а) – двутавровая

б) – коробчатая

в) – многослойная прямоугольная

г) – многослойная двутавровая

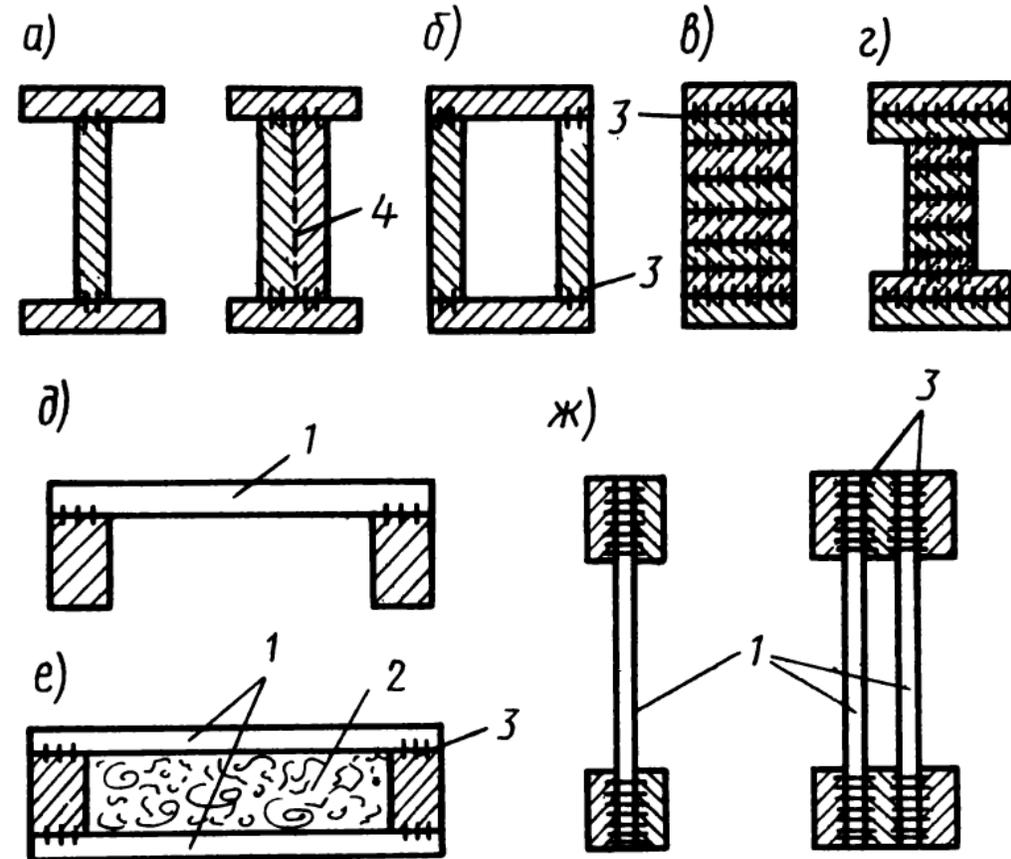
д) – щит холодной кровли

е) – щит теплой кровли

ж) – одно- и двухступенчатое сечение балки, арки, рамы

1 – фанера; 2 – утеплитель;

3 – клейка; 4 – сшивка гвоздями

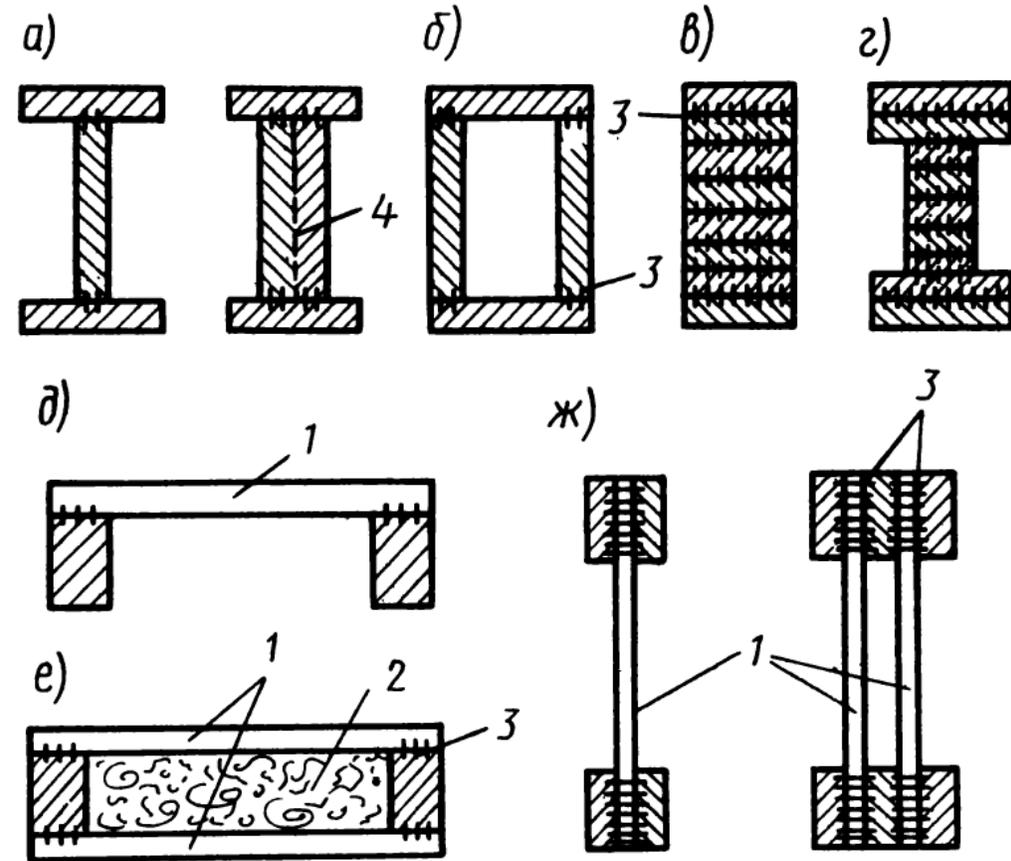


Формы сечений клееных элементов:

Поперечные сечения клееных стержней бывают прямоугольные, двутавровые, коробчатые и др. – рис. а)...г). Клееные стержни могут быть получены любой длины; стыкование досок в продольном направлении производится впритык, зубчатым шипом – рис. д)...ж)

Стыкование зубчатым шипом позволяет получить при растяжении равнопрочный стык с цельной древесиной

Зубчатый стык предпочтительнее стыков впритык; стык впритык хорошо работает на сжатие. Длина зубчатых стыков 32...40 мм, шаг 8 мм, уклон сторон зуба около 1:9 – рис. е)



Конструктивные требования к соединениям

Стыки досок и брусьев по длине прямолинейных растянутых элементов, в растянутой зоне изгибаемых элементов (на $1/10$ высоты сечения) и в крайних слоях сжатых элементов осуществляют на «зубчатый шип». Стыки по длине криволинейных (гнуемых) элементов при отношении радиуса их кривизны r к толщине a доски или бруска $r/a > 300$ также осуществляют на «зубчатый шип». В остальных случаях стыки выполняют впритык, с плотной приторцовкой наиболее напряженных сжатых досок или брусков с посадкой их на клей

В одном сечении клееного элемента допускается стыковать не более **25%** всех досок или брусков, причем в наиболее напряженной зоне – не более одной доски или бруска. Расстояние вдоль элемента между осями стыков соседних слоев досок (брусков) принимают равным не менее 20 толщин наиболее толстой из стыкуемых досок (брусков). Стыки должны образовывать ступени, направленные в разные стороны. Стыки досок и брусков по ширине устраивают впритык, причем стыки в наружных слоях проклеивают. Расстояние между стыками слоев (в поперечном направлении элемента) должно быть не менее 4 см

Конструктивные требования к соединениям

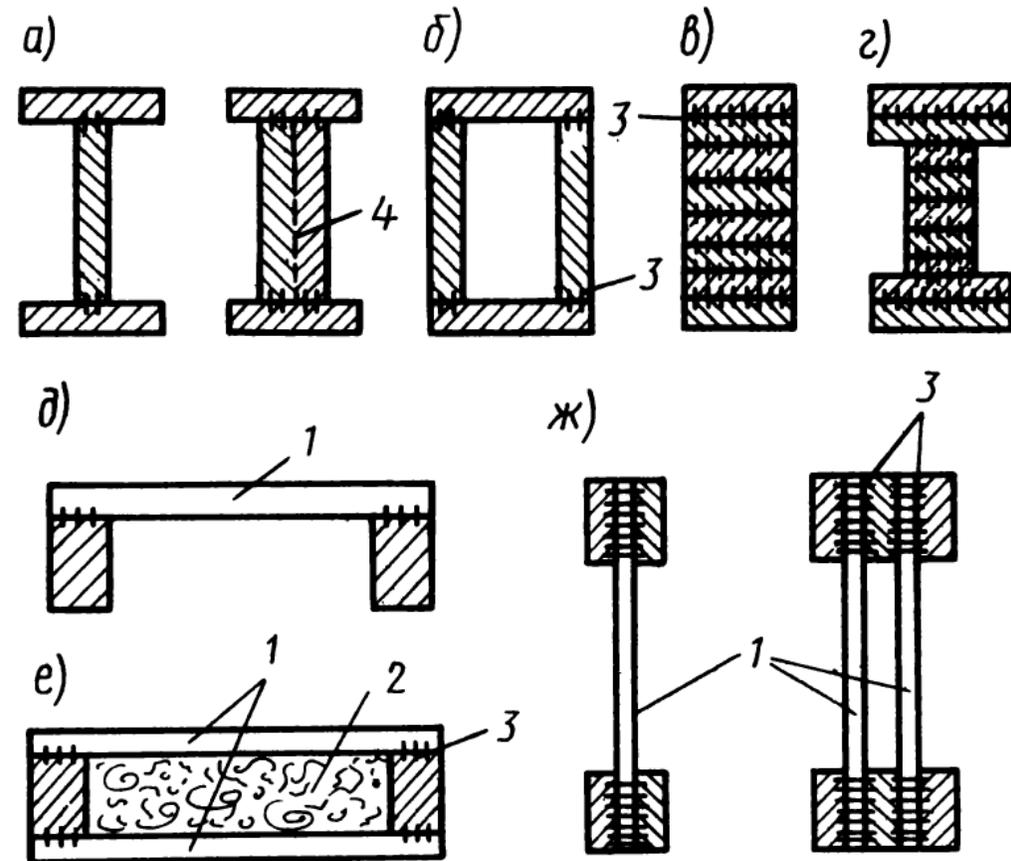
Стыки досок и брусьев по длине прямолинейных растянутых элементов, в растянутой зоне изгибаемых элементов (на $1/10$ высоты сечения) и в крайних слоях сжатых элементов осуществляют на «зубчатый шип». Стыки по длине криволинейных (гнуемых) элементов при отношении радиуса их кривизны r к толщине a доски или бруска $r/a > 300$ также осуществляют на «зубчатый шип». В остальных случаях стыки выполняют впритык, с плотной приторцовкой наиболее напряженных сжатых досок или брусков с посадкой их на клей

В одном сечении клееного элемента допускается стыковать не более **25%** всех досок или брусков, причем в наиболее напряженной зоне – не более одной доски или бруска. Расстояние вдоль элемента между осями стыков соседних слоев досок (брусков) принимают равным не менее 20 толщин наиболее толстой из стыкуемых досок (брусков). Стыки должны образовывать ступени, направленные в разные стороны. Стыки досок и брусков по ширине устраивают впритык, причем стыки в наружных слоях проклеивают. Расстояние между стыками слоев (в поперечном направлении элемента) должно быть не менее 4 см

Клеефанерные элементы

Применяют в виде щитов – рис. д), е), двутавровых балок – рис. ж) и других несущих конструкций с фанерной стенкой. В несущих фанерных щитах фанеру приклеивают к каркасу из досок или брусков. Направление наружных шпонов фанеры должно совпадать с направлением волокон древесины. Стыки фанеры в сжатых полках щитов должны быть тщательно приторцованы и посажены на клей. Стыки растянутых полок выполняют на «ус» или впритык с перекрытием фанерными односторонними накладками на клею

Длину **усового** соединения следует принимать не менее 10 толщин стыкуемых элементов. Толщину склеиваемых слоев в элементах, как правило, не следует принимать более 33 мм



Литература:

- ГОСТ 8486-86 Пиломатериалы хвойных пород
- ГОСТ 2695-83 Пиломатериалы лиственных пород
- ГОСТ 9462-2016 Лесоматериалы круглые лиственных пород
- ГОСТ 9463-2016 Лесоматериалы круглые хвойных пород
- СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции
- Иванов-Дятлов И. Г., Деллос К. П. и др. Строительные конструкции: Учеб. для авт.-дор. спец. вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – 543 с.

ИФО | 01.03.04 | ПМ | 6-й семестр

Строительные конструкции

Лекция №13



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

www: mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/

e-mail: gbk@mgsu.ru; dpekin@mail.ru

тел.: +7 495 287 49 14 доб. 3036, 3084

Пекин Дмитрий Анатольевич, доцент, к.т.н.