

# ***Материалы, заготовки и комплектующие в производстве КДК***

- 1. Требования к древесине, используемой в производстве КДК.**
- 2. Пиломатериалы и заготовки для КДК различных типов и назначений.**
- 3. Фанерно- плитные материалы для строительных конструкций.**
- 4. Конструкционные клеи, соединительные элементы и приспособления**

# Древесина

- Показателями, характеризующими пригодность древесины для изготовления КДК, следует считать породу, размеры, качество и влажность пиломатериалов.
- Для изготовления КДК рекомендуется использовать пиломатериалы хвойных пород — сосны и ели.

- **Древесина этих пород при относительно небольшой плотности обладает высокими показателями прочности и упругости, хорошо обрабатывается и склеивается.**
- **Весьма перспективно применение древесины лиственницы, запасы которой составляют 2/5 всех запасов древесины в стране.**
- **Лиственница обладает по сравнению с сосной более высокими прочностными показателями и упругостью.**

**К недостаткам древесины лиственницы относится большая разница между радиальной и тангентальной усушкой, что ведет к растрескиванию древесины, появлению внутренних напряжений в склеенном пакете.**

- **Допускается использование лиственных пород, в частности березы и осины.**
- **Эти породы, особенно береза, имеют достаточно высокую механическую прочность, но малую стойкость против гниения.**
- **Недостаток древесины осины — также ее невысокая упругость.**
- **Лиственные породы эффективнее применять в композиции с древесиной хвойных пород.**

- **Размеры пиломатериалов следует выбирать, исходя из проектных размеров готовых конструкций, с учетом припусков на усушку и обработку.**
- **Для изготовления прямолинейных конструкций рекомендуется использовать пиломатериалы толщиной 35—50 мм, для гнутоклееных 16—22 мм (не более  $1/150$  радиуса изгиба).**

**При сушке, запрессовке и склеивании в более толстых пиломатериалах возникают весьма существенные внутренние напряжения, которые при неблагоприятных условиях эксплуатации могут вызвать расслоение и разрушение конструкции.**

- Толщину пиломатериалов необходимо выбирать с учетом условий эксплуатации конструкций и породы древесины**

- **Применение более тонких пиломатериалов способствует повышению надежности конструкций:**

**1 - за счет рассредоточения и уменьшения влияния пороков, имеющихся в отдельных слоях,**

**2 - но увеличивается количество отходов**

**3 –и увеличиваются расход клея и трудоемкость.**

- **В производстве КДК следует отдавать предпочтение обрезным пиломатериалам одной ширины.**
- **При использовании пиломатериалов разной ширины и необрезных приводит к увеличению отходов в производстве, уменьшается полезный выход заготовок.**

- **Ширина пиломатериалов должна быть согласована с номинальной шириной клееного элемента.**
- **Припуски на механическую обработку по ширине составляют в среднем для пиломатериалов шириной**
  - **80—100 мм — 10 мм,**
  - **110—180 мм — 15 мм,**
  - **190—250 мм — 20 мм.**

- **Получение пиломатериалов большой ширины затруднено,**
- **поэтому целесообразно склеивать пиломатериалы по ширине или принимать конструктивные меры, исключающие эту необходимость.**



- **Длина пиломатериалов, применяемых для КДК, должна быть максимальной.**
- **Клееные конструкции можно получать из пиломатериалов любого качества путем вырезки участков с недопустимыми пороками и дефектами и последующим склеиванием заготовок по длине**

**Поэтому установлены требования не к пиломатериалам, а к качеству слоев клееных конструкций.**

- При этом различают прочность чистой древесины (без пороков) и прочность, реально используемых в КДК заготовок.**
- Требования к чистой древесине, используемой для КДК, при различных видах напряженного состояния. Преведены в таблице:**

# ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

## ДРЕВЕСИНЫ

Показатель	Предел прочности, МПа, при			
	растяжении	изгибе	сжатию	Скалыва- нии
Средний	<b>85</b>	<b>65</b>	<b>35</b>	<b>6</b>
Минимальный	<b>55</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>4</b>

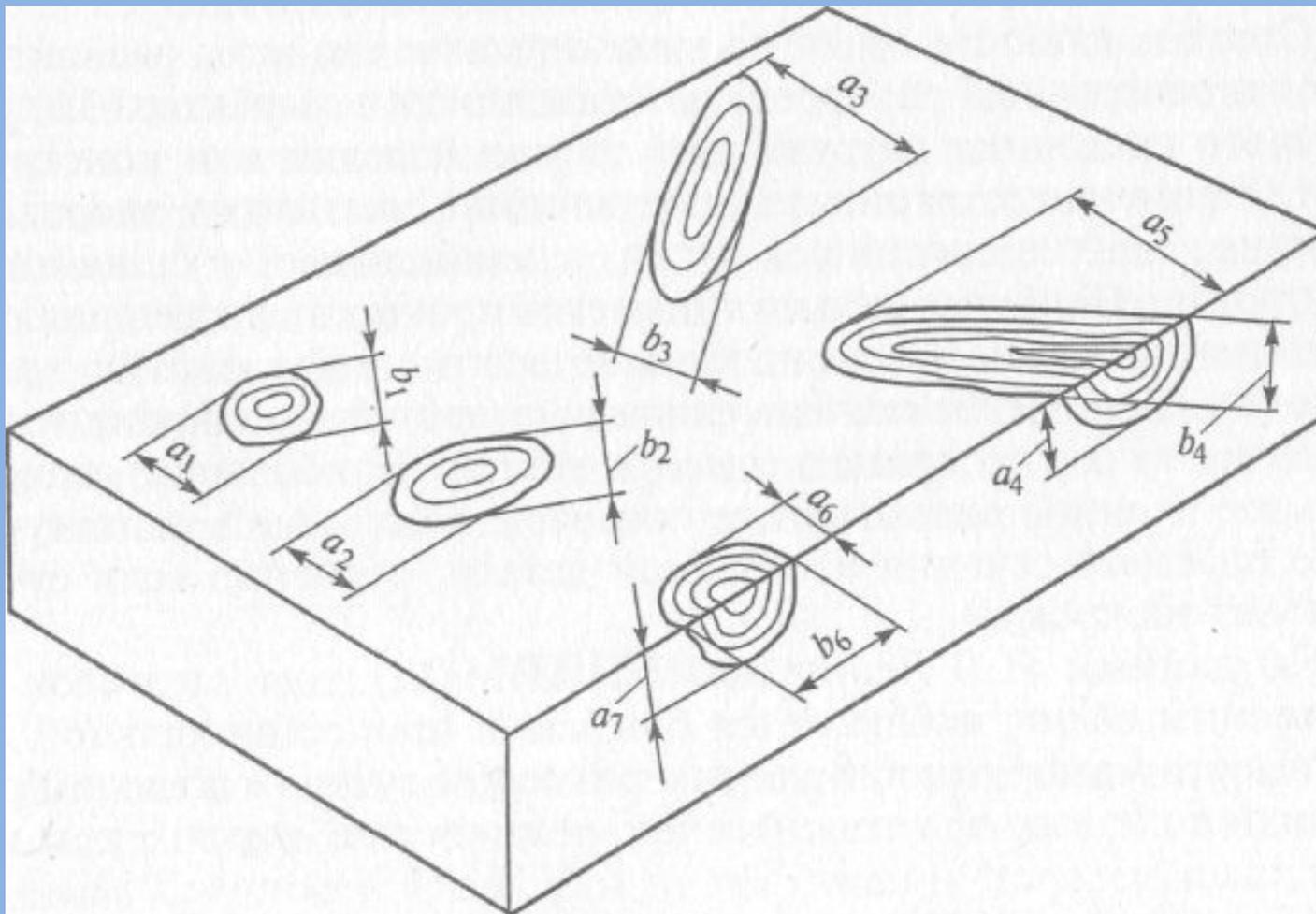
- **Качество заготовок для изготовления слоев конструкций определяют чаще всего визуально и оценивают по наличию в них видимых пороков.**
- **Заготовки для клееных конструкций в зависимости от нормы допускаемых пороков подразделяют на три категории качества.**

- **Это вызвано тем, что напряжения в отдельных зонах сечения конструкции распределяются неравномерно, а древесина в различной мере сопротивляется сжимающим и растягивающим усилиям.**
- **Лучшие по качеству слои используют для элементов, работающих на растяжение, так как на растяжение древесина работает хуже чем на сжатие.**

- **Основным пороком, нормируемым в заготовках, являются сучки;**
- **они более других пороков влияют как на механическую прочность заготовок,**
- **так и на прочность клеевых соединений при эксплуатации конструкций.**

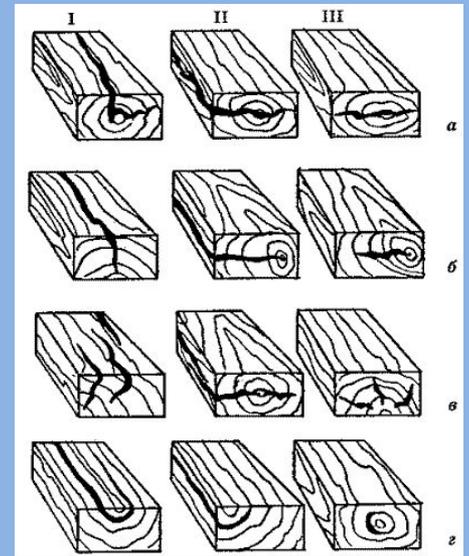
- **Размеры здоровых сросшихся пластевых сучков ограничиваются до  $1/3 - 1/4$  , а ребровых — до  $1/5 - 1/6$  соответствующей стороны заготовки.**
- **Особенно велико влияние кромочных и ребровых сучков в слоях конструкций, работающих на растяжение**

# Измерение сучков



# Кроме сучков, в заготовках нормируются

- трещины,
- наклон волокон,
- сердцевина,
- гниль и грибные окраски,
- повреждения насекомыми,
- а также деформации заготовок в отдельных слоях конструкций —
- продольная и поперечная покоробленность, крыловатость.



- **Визуальное сортирование не дает объективной оценки качества древесины, поэтому все шире начинают использовать силовое сортирование пиломатериалов по прочности.**
- ***Метод силового сортирования основан на использовании взаимосвязи между модулем упругости и прочностью древесины при изгибе.***

**Испытанию и оценке  
подвергается каждая доска,**

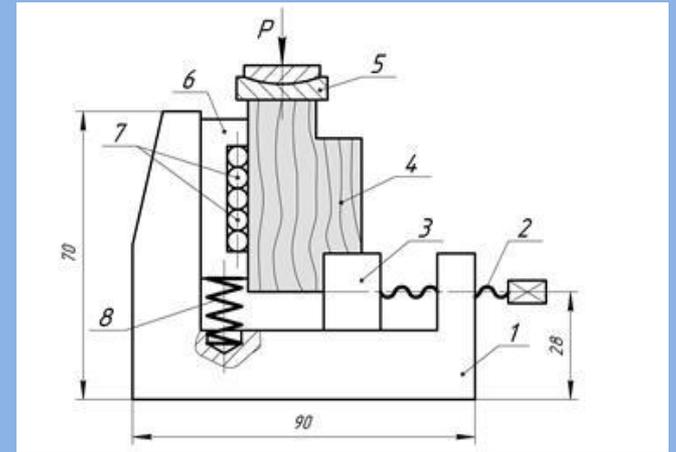
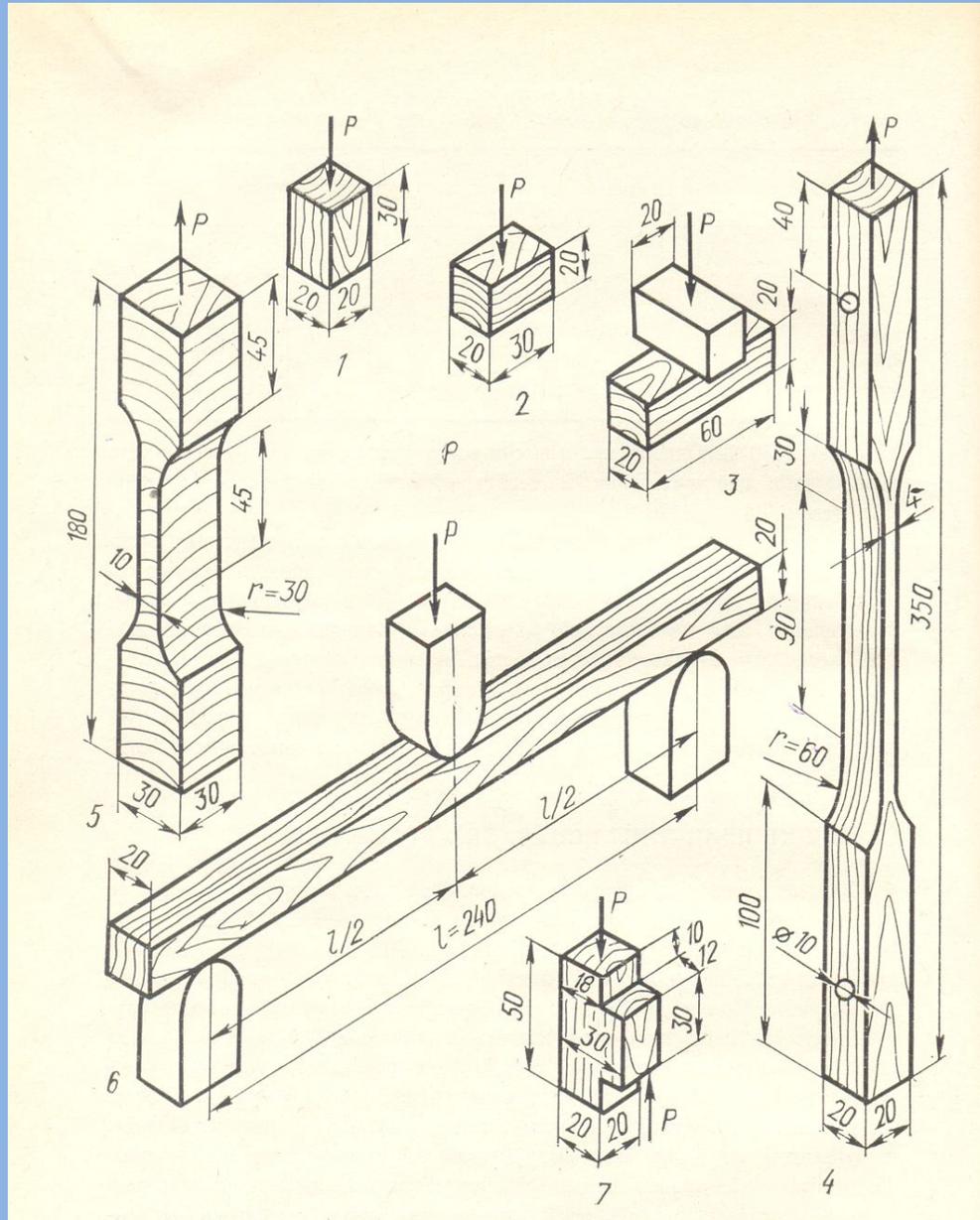
- при этом увеличивается выход  
высших сортов  
пиломатериалов**
- за счет более объективной  
оценки их прочности**
- и достигается экономия  
древесины до 20 %.**

- **В производстве КДК, намечается тенденция оценки качества заготовок**
- **по результатам испытаний пиломатериалов различных сортов натуральных размеров при основных видах напряженного состояния — сжатии и растяжении вдоль волокон, изгибе.**

**Это позволяет более обоснованно  
определить расчетные сопротивления  
древесины различных сортов:**

- что дает возможность непосредственно  
использовать каждый сорт  
пиломатериалов по назначению**
- и получать заготовки той категории  
качества,**
- дефекты древесины которой совпадают  
с требованиями сорта.**

# Испытание древесины



# РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕЁНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Показатель	Расчетные сопротивления, МПа, пиломатериалов для сортов		
	I	II	III
Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон	14	13	8,5
Растяжение вдоль волокон	12	9	-
Сжатие и смятие поперёк волокон	1,8	1,8	1,8
Скалывание вдоль волокон	1,6	1,5	1,5

**Наличие в одном сечении КДК слоев различного качества усложняет производство:**

- увеличивается производственная площадь,**
- в технологический процесс вводится операция сортирования заготовок,**
- усложняется набор пакета.**

**Все эти затраты окупаются за счет более экономного использования древесины в конструкциях.**

- **Влажность древесины, предназначенной для производства КДК, имеет очень большое значение.**
- **На практике принимают среднюю величину влажности древесины  $10 \pm 2$  %.**

**Для КДК особенно опасен перепад влажности древесины в смежных слоях конструкций, который при неблагоприятных условиях (плохое склеивание, неблагоприятное сочетание слоев по направлению волокон и др.) может привести к **расслоению** и последующему **разрушению** конструкций.**

**Перепад влажности в смежных слоях не должен превышать 2—2,5 %.**

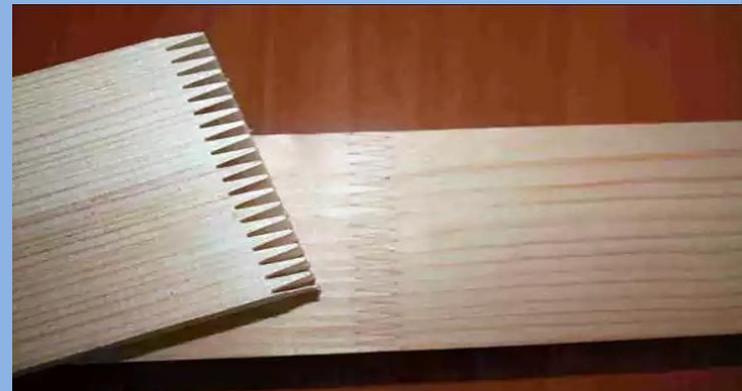
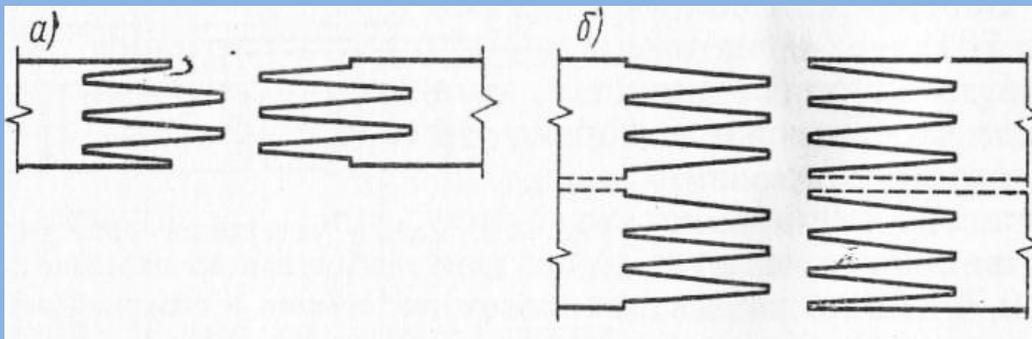
- Величину влажности древесины КДК следует назначать с учетом условий их эксплуатации.**
- Для конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности (свыше 70 %)**

**например, в животноводческих зданиях, влажность склеиваемой древесины можно доводить до  $12 \pm 2$  %**

- **Рекомендуется принимать влажность заготовок на 2—3 % ниже величины влажности, условия эксплуатации,**
- **так как набухание волокон и сжатие менее опасно, чем усушка, вызывающая в древесине отрывающие и скалывающие усилия.**

**Пиломатериалы, предназначенные для изготовления клееных конструкций, высушивают до влажности 10...15 %, сортируют по качеству, раскраивают по длине с вырезкой дефектных мест и подготавливают для склейки на «зубчатый шип».**

- сортируют по качеству,
- раскраивают по длине с вырезкой дефектных мест
- и подготавливают для склейки на «зубчатый шип».



# **Фанерно-плитные материалы для строительных конструкций**

**Классификация клееных древесных  
материалов,  
используемых в строительной  
индустрии**

Составной элемент клееного материала	Клееные древесные материалы для строительства		
	с одноосной ориентацией элементов	с двухосной ориентацией элементов	с произвольной ориентацией элементов
Пиломатериал	КДК-клееные деревянные конструкции		
Шпон лущеный	LVL- брус, доски и бруски, изготовленные при склеивании шпона	Фанера общего и специального назначения	
Полоса шпона лущеного	PSL- доски, бруски, изготовленные при склеивании параллельно расположенных полос шпона	OSL- доски, бруски, изготовленные при склеивании послойно ориентированных полос шпона	
Стружка		OSB- ориентированно-древесно-стружечная плита	Древесно-стружечные плиты общего и специального назначения
Волокно		OMDF- ориентированно-древесно-волокнистая плита средней	MDF- древесно-волокнистая плита средней плотности

- Балки двутаврового и коробчатого сечений изготавливают с плоскими и волнистыми стенками,
- применяя для плоских стенок многослойную клееную древесину или фанеру,
- а для волнистых — только фанеру.
- Полки и ребра жесткости изготавливают из массивной древесины.
- В отдельных случаях для небольших пролетов (до 10 м) в двутавровых балках и стенку, и полки делают из фанеры.

**Технология изготовления клееных  
деревянных конструкций** (*раскрой  
пиломатериалов и обработка с  
получением ламелей с последующим их  
склеиванием*)

**придает им дополнительные  
качества:**

**возможность изготовления  
элементов конструкций с размерами  
сечений, существенно  
превышающими сечения из цельной  
древесины**

- **прочность клееных изделий выше,**  
**чем у образцов из цельной древесины,**
- **причем, чем больше слоев, тем выше прочность;**
- **клееная древесина имеет более высокий предел огнестойкости.**

- **LVL (Laminated Veneer Lumber) состоит из листов лущеного шпона древесины хвойных пород с параллельным расположением волокон в смежных слоях.**
- **LVL – развивающийся, перспективный материал, обладающий превосходными свойствами и значительными преимуществами,**
- **по сравнению с традиционными материалами, применяемыми в качестве строительных конструкций.**

# LVL (Laminated Veneer Lumber)



# Наиболее типичные области применения

**LVL:**

- кровельные конструкции;
- несущие конструкции (стены, перекрытия для крыш и полов, и пр.);
- несущие балки мостов, шпалы, брус для профилирования и т.д.;
- в домостроении для отделки внутреннего интерьера (лестницы, арки, любые декоративные элементы);

- **изготовление мебели;**
- **балки, перемычки оконных и дверных проемов и элементы конструкций;**
- **пояса двутавровых балок;  
комбинированные балки;**
- **конструкции пола;**
- **стеновые конструкции;**
- **диагональные связки и стропильные фермы;**
- **балки пролетов и колонны;**
- **элементы бетонной опалубки.**

## **Будущее материала определяют его свойства:**

- стабильность линейных размеров, отсутствие деформаций и коробления при действии влаги;**
- высокие физико-механические показатели при изгибе, растяжении вдоль волокон, сжатии вдоль волокон, сдвиге;**
- невысокая плотность ( $550 \text{ кг/м}^3$ );**

- **ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗГОТАВЛИВАТЬ КОНСТРУКЦИИ ДЛИНОЙ ДО 18 м;**
- **LVL по значению теплоизоляционных и акустических показателей не хуже чем у массивной древесины;**
- **ВЫСОКАЯ ОГНЕСТОЙКОСТЬ;**
- **ЛЕГКОСТЬ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА И НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ;**

- **ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗ LVL  
РАЗЛИЧНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ И  
ЭЛЕМЕНТОВ ОТДЕЛКИ ЛЮБЫХ РАДИУСОВ  
ИЗГИБОВ;**
- **ПРОСТОТА И НАДЕЖНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ  
ЭЛЕМЕНТОВ LVL, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ  
ОБЫЧНЫМИ СПОСОБАМИ.**

- **PSL** (Parallel Strand Lumber) - сравнительно новый клееный древесный материал.
- Доски и бруски изготавливают посредством склеивания параллельно расположенных полос шпона,
- толщина которых 2...4 мм,
- ширина 10...20 мм,
- длина от 1000 мм и более, определяется и зависит от длины чурака.

# PSL (Parallel Strand Lumber)



- **Фанера** как конструкционный материал хорошо известна и нашла широкое применение в различных отраслях промышленного производства.
- В строительной индустрии фанера применяется в монолитном и малоэтажном домостроении:
- опалубка;



- **настил под полы;**
- **кровельные материалы;**
- **стеновые панели;**
- **перегородки и многое другое, где  
появляется необходимость в материале,**
- **обеспечивающем исключительную  
прочность и возможность изготовления  
крупногабаритных изделий.**

**Основная размерная характеристика российской фанеры - формат 1525x1525 мм (60% от общего объема производства).**

- Объемы большеформатной фанеры (2440(1220)x1220(2440) мм и 1525x3050 мм) значительно ниже**
- и находятся в примерном соотношении: 35 % и 5 %, соответственно.**

- **OSB** – (Oriented Strand Board, ориентированно-древесно-стружечная плита) –
- представляет собой древесностружечную плиту из крупноразмерной стружки с ориентированными слоями,
- проклеивается смолами.



- **Область применения OSB чрезвычайно широка - мебельная промышленность,**
- **строительство, изготовление упаковочной продукции.**

**Плиты OSB, выступая в роли заменителя фанеры,**

- **применяются для каркасно-панельного строительства,**
- **наружной и внутренней обшивки стен,**
- **перегородок, полов, отделки интерьеров.**

***Основными достоинствами OSB является:***

**высокая прочность и однородность  
структуры по всем направлениям;**

- **влажностойкость (стабильность размеров и свойств во влажных условиях);**

- **легкость обработки (плиты без труда обрабатываются дереворежущими инструментами,**

**могут быть склеены любыми клеями и  
облагорожены лакокрасочными  
материалами,**

**предназначенными для отделки**

**превосиц.);**

- **способность прочно удерживать гвозди и шурупы**
- **(физико-механические показатели у OSB в 2,5 раза выше, чем у древесностружечных плит, плотность OSB ниже, чем у древесностружечных плит и фанеры);**
- **экологическая и гигиеническая безвредность.**

**Древесностружечная плита** - материал, изготавливаемый путем горячего прессования древесной стружки, смешанной со связующим веществом.

- **Качество древесностружечных плит оценивают следующими показателями:**



- предел прочности при статическом изгибе,
- предел прочности при растяжении перпендикулярно поверхности плиты,
- разбухание по толщине,
- влажность,
- плотность,
- шероховатость поверхности плит,
- содержание формальдегида,
- удельное сопротивление выдергивания шурупа,
- наличие дефектов

- **При применении древесностружечных плит в строительстве большое значение имеют такие показатели их свойств,**
- **как плотность,**
- **водопоглощение,**
- **гигроскопичность,**
- **огне- и биостойкость.**

- *Применяются в строительстве древесностружечные плиты в основном*
- **для внутренней отделки помещений,**
- **изготовления дверей,**
- **подоконников,**
- **выставочных конструкций,**
- **стеллажей,**
- **для использования как основы под потолки или настила под полы.**

- **MDF** (Medium Density Fiberboard) - древесно-волокнистая плита средней плотности.
- Этот плитный материал представляет собой спрессованную мелкодисперсную древесную фракцию,
- изготовленную из высушенных древесных волокон,
- обработанную синтетическими связующими веществами и сформированную в виде ковра с последующим горячим прессованием (плотность от 700 до 850 кг/м<sup>3</sup>).



- В строительстве MDF используют для изготовления
- погонажных изделий,
- черновых полов,
- стеновых панелей,
- потолков, дверей,
- ламинированных напольных покрытий,  
тавровых балок для монолитного  
строительства,
- гнутых строительных элементов,
- обрешетки крыш,
- изготовления подоконников.

**MDF** обладает рядом преимуществ по сравнению с другими клееными древесными материалами:

- легко обрабатывается;
- без проблем окрашивается и ламинируется, с помощью полиуретановых красок можно получить широкую гамму цветов;

- применение в качестве связующего карбамидных смол, модифицированных меламином, обеспечивает очень низкую эмиссию формальдегида;
- возможность изготавливать элементы различной формы
- (MDF с частыми фрезерованными пазами хорошо гнется, и поэтому используется в качестве основы для изготовления гнутых элементов – фасады, перегородки и т.д.);

- **обладает физико-механическими характеристиками по своим показателям приближающимися к аналогичным значениям натуральной древесины.**

- Так же плиты **MDF** имеют высокий уровень шумопоглощения и звукоизоляции, обладают отличными теплоизоляционными свойствами,
- хорошо переносят воздействие влажного воздуха - не разбухают и не коробятся,
- сохраняют форму при температурных колебаниях.

- **OSL** (Oriented Strand Lumber) и **OMDF** (Oriented Medium Density Fiberboard) –
- это новые, разрабатываемые в настоящее время древесные клееные материалы, по сравнению со своими прототипами (PSL и MDF) они имеют послойную ориентацию составных элементов материала.

- **Формирование внутренней структуры древесного клееного материала со слоями**
- **либо из полос шпона,**
- **либо из древесных волокон,**
- **ориентированных в соответствии с предполагаемыми нагрузками,**
- **позволит получить новые конструкционные материалы.**

- **Анализ истории разработки клееных древесных материалов позволяет сделать вывод о том,**
- **что размер составных элементов (пиломатериал – шпон – специальная стружка – древесное волокно) постоянно становится мельче.**

## Лекция 4

# *Конструкционные клеи, соединительные элементы*

**Основные требования,  
предъявляемые к технологии  
изготовления несущих клееных  
деревянных конструкций:**

**1) Применяемый для склеивания конструкционной древесины смоляной клей после твердения (полимеризации или поликонденсации) должен обеспечивать прочность клеевого шва, превышающую прочность сухой древесины на скалывание вдоль волокон и на растяжение (раскалывание) поперек волокон.**

**[это требование относится не только к прочности связи между частицами затвердевшего вещества клея (когезионная связь), но и к прочности прилипания**

**затвердевшего клея к склеиваемым поверхностям (адгезионная связь)].**

Полимеризация др. дрес. полимеризация (состоящий из многих частей) – процесс образования высокомолекулярного вещества (полимера) путём многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества (мономера, олигомера) к активным центрам в растущей молекуле полимера.

Поликонденсация – процесс синтеза полимеров из полифункциональных (чаще всего бифункциональных) соединений, обычно сопровождающийся выделением низкомолекулярных побочных продуктов (воды, спиртов и т. п.) при взаимодействии функциональных групп.

**2) клеевой шов должен быть абсолютно водостоек и биостоек;**

**3) теплостойкость шва должна быть не ниже теплостойкости склеиваемой древесины;**

**4) долговечность службы клеевого шва должна соответствовать сроку службы конструкции в заданных условиях.**

- **Основным критерием качества любого клея, т.е. его эксплуатационных свойств (прочность и долговечность клеевого соединения, водостойкость, эластичность и т.д.)**
- **и технологических свойств (вязкость, время отверждения и т.д.), является стабильность свойств в поставляемых партиях.**

# **В состав любого клея входят:**

- смола,**
- отвердитель,**
- наполнитель**
- и технологические добавки.**

**Классифицируются клеи по типу смолы.**

- Из отечественных клеев в основном используется фенолрезорциноформальдегидный клей**

- **Для изготовления армированных КДК используются эпоксидно-песчаные составы на основе смолы «Этал-370» с отвердителем «Этал-45м» (ЗАО «ЭНПЦ ЭПИТАЛ»).**

**Особенностью отечественных клеев для деревянных клееных конструкций является:**

- отсутствие единой регламентированной номенклатуры показателей их качества,**
- гарантий стабильности основных свойств, комплексного сервиса (компоненты, оборудование для клееприготовления и клеенанесения, обучение персонала и др.).**

**Принципиально важно качество клеев  
для обеспечения эксплуатационных  
параметров КДК**

**Нужно постоянно стимулировать поиск  
новых научно-практических решений**

**а) по линии новых и модифицированных  
клеев,**

**б) по линии импортозамещения.**

- В настоящее время требованиям прочности,
- водостойкости,
- биостойкости,
- теплостойкости
- и долговечности наиболее полно отвечают феноло-резорциновый клей типа ФР-12
- и феноло-формальдегидный клей типа КБ-3

**Основные виды  
конструкционных клеев  
относятся к  
термореактивным смолам.  
Это:**

- феноло-формальдегидные,**
- феноло-резорциновые,**
- мочевино-формальдегидные**
- и меламино-**  
**формальдегидные**

**Твердение этих смоляных клеев с образованием высокомолекулярных соединений происходит в результате поликонденсации, сопровождающейся отщеплением побочных продуктов (воды и др.).**

## **Широко применяются и поливинилацетатные клеи (ПВА) :**

- Клей «Иоваколь 110 00»,**
- Клейберит 304.0**
- Основа – поливинилацетат (ПВА)**
- Применение: универсальный клей для всех видов склеивания, в особенности для склеивания блочно-щитовых конструкций из массивной древесины.**

**В поточном производстве  
клееных элементов целесообразно  
обеспечивать сочетание**

- химических,**
- тепловых**
- и временных факторов  
формирования прочного клеевого  
шва.**

# Режимы склеивания

***Температура клеевого слоя при соединении древесины зависит от природы клея и условий склеивания. При холодном способе склеивания температура 15 - 18 °С. Температура может быть повышена до 40 - 45°С.***

***При горячем способе склеивания минимально допустимая температура клеевого слоя назначается 95 - 100°С для казеинового клея, 100°С для карбамидоформальдегидных клеев, 110 - 115°С для альбуминовых и 130 - 135°С для фенолоформальдегидных клеев.***

***Режимы склейки (температуру, время выдержки и необходимое давление) для конкретного клея берут из технической характеристики клея.***

**Давление прессования** при склеивании фанеры 1,6 – 2,5 МПа, при склеивании щитов, брусьев – 0,4 - 1,0 МПа, при облицовывании в вакуумной камере с эластичной оболочкой – 0,06 - 0,08 МПа.

**Продолжительность прессования.**

Сохнущие клеи (коллагеновые и поливинилацетатные) желатинизируются в течение 1 - 4 ч. Еще медленнее отверждаются синтетические клеи холодного отверждения.

Карбамидоформальдегидные и фенолоформальдегидные клеи за 2 - 4 ч набирают 50 - 60% прочности, а полностью отверждаются за 18 - 24 ч.

Карбамидоформальдегидные клеи горячего склеивания при 100°С отверждаются за 25 - 90 с, а фенолоформальдегидные при 140 - 150°С – за 2,5 - 5

- **Оптимальное соответствие требованиям поточного производства обеспечивается непосредственным нагревом клеевого шва токами высокой частоты (ТВЧ) для сокращения времени отверждения.**
- **Применение ТВЧ - это развитие индустриального производства клееных деревянных конструкций.**

# **Использование ТВЧ ведет:**

- к увеличению выпуска серийной продукции,**
- к конвейерной системе поточного производства,**
- способствует повышению производительности труда.**

- **Однако высокочастотный нагрев у нас пока еще находит лишь ограниченное применение.**
- **Используется преимущественно при изготовлении тонких деталей, имеющих ширину шва не более 120 мм.**

- **Для приклеивания тонких элементов (толщиной до 10 мм), например в случае изготовления клеефанерных панелей,**
- **может быть использован контактный нагрев клеевого шва сквозь фанеру.**

- **Для склеивания многослойных массивных конструкций применяется теплый нагрев (в запрессованном виде) воздухом,**
- **подогретым до температуры 60—90° С.**

- **С понижением температуры прогрева увеличивается время выдерживания изделия.**
- **Приходится идти на расширение утепленных складских помещений, внутризаводского транспорта, прессового**

**Из-за недостатка прессового и высокочастотного оборудования находит применение «ГВОЗДЕВОЕ прессование»,**

**это «холодное» отверждение клеевого шва в условиях комнатной температуры при длительных (измеряемых сутками) сроках хранения в отапливаемых складских помещениях.**

- **Ни один из перечисленных технологических приемов склеивания пока еще не может быть снят с производства.**
- **Неизбежным условием структурной однородности конструкционной клееной древесины являются:**
- **сплошность, непрерывность клеевого шва и постоянная малая толщина его (0,1—0,3 мм)**

**Для обеспечения сплошности и малой толщины клеевого шва необходимо соблюдать:**

- 1-тщательность машинной строжки (продольного фрезерования) и чистоту склеиваемых поверхностей,**
- 2- равномерность и своевременность нанесения клея механизированными клеевыми вальцами,**
- 3- непрерывность давления прессы до завершения процесса**

**Величина давления  
(прижима) при запрессовке  
клееных дощатых балок  
назначается**

**- для хвойных пород  
древесины ориентировочно  
0,3—0,5 МПа (3—5 кг/см<sup>2</sup>),**

**- а для твердых лиственных  
0,5—1,0 МПа (5—10 кг/см<sup>2</sup>).**

- Важнейшими из условий,  
соблюдение которых обязательно,**
- это избежать местного нарушения сплошности клеевого шва (т. е. «непроклея»),**
  - и условие сохранения интенсивности давления (прижима).**

**Аналогичные явления  
непроклея наблюдаются  
при гвоздевом  
прессовании в случае  
склеивания пакета  
недостаточно  
высушенных досок.**

**Гвозди работают как полезные стяжные связи при разбухании поперек волокон хорошо высушенной древесины;**

- но те же гвозди работают как распорки, расслаивающие склеиваемый пакет, если он набран из влажных досок,**
- которые в процессе выдерживания в «камере прогрева» или в теплом складском помещении успевают усохнуть прежде, чем произойдет твердение клеевого шва.**

# Соединительные элементы и приспособления

- Соединения деревянных элементов для увеличения поперечного сечения конструкции **называют сплачиванием**, а для увеличения их продольной длины – **сращиванием**.
- Наряду со сплачиванием и сращиванием деревянные элементы могут соединяться в узлах конструкций под различными углами.

**По характеру работы все средства соединения деревянных конструкций можно разделить на четыре группы:**

**1- работающие преимущественно на смятие и скалывание.**

**К ним относятся врубки (лобовые, щековые и др.), шпонки различного вида (призматические, круглые, гладко- и зубчатокольцевые);**

**2- работающие преимущественно на изгиб.**

**К ним относятся нагели различного типа (стальные и из твердых пород деревьев, цилиндрические и пластинчатые и др.)**

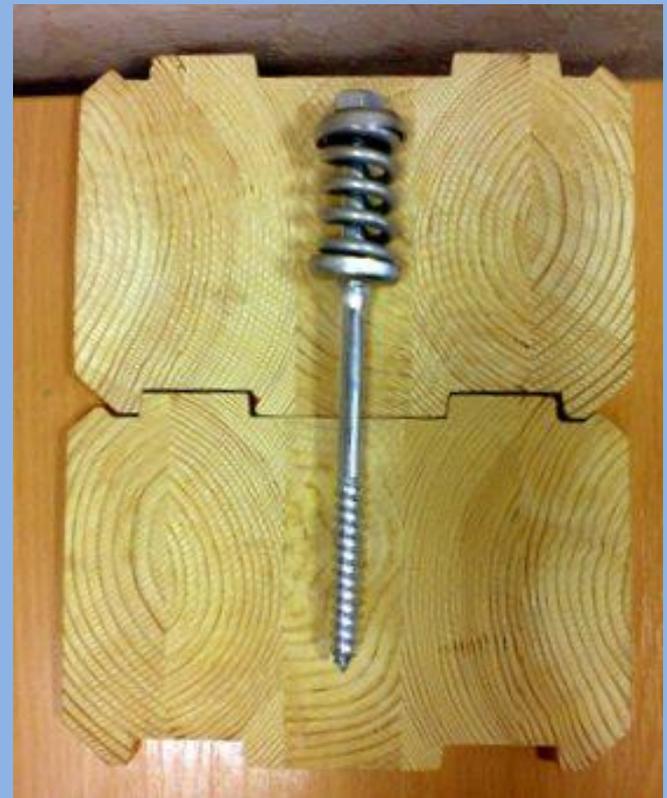
**3- работающие преимущественно на сдвиг  
(различные виды клеев);**

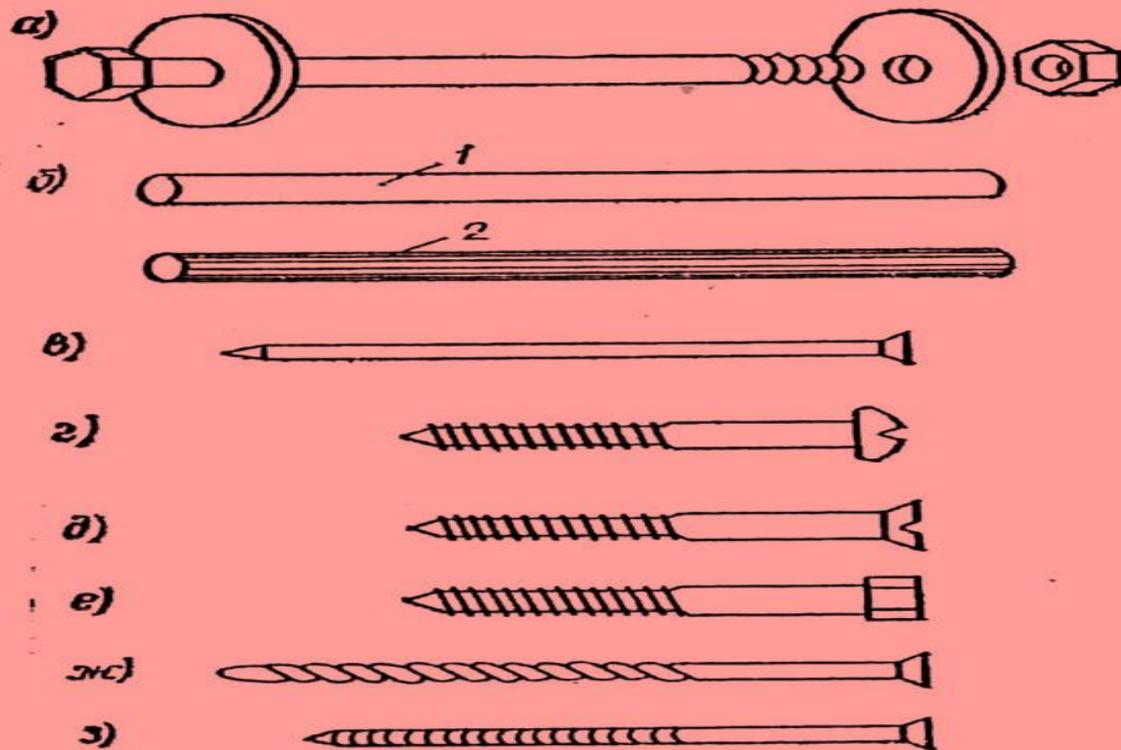
**4- работающие на растяжение (болты,  
тяги, хомуты, стальные накладки,  
шурупы, глухари, скобы, а также гвозди).**

# Соединения на механических СВЯЗЯХ

- Нагели являются одним из наиболее широко применяющихся механических рабочих связей.
- **Нагелем** называется гибкий стержень, который соединяет элементы деревянных конструкций и препятствует их взаимному сдвигу, а сам в основном работает на изгиб.

# Нагели (шканты)





**Основные виды цилиндрических нагелей:**

**а – болт с гайкой и круглыми (квадратными) шайбами;**

**б – цилиндрический нагель из стали (1), из твердых пород древесины или стеклопластика (2);**

**в – гвоздь;**

**г – шуруп;**

**д – шуруп с плоской головкой;**

**е – глухарь с головкой болта;**

**ж, з – особые виды гвоздей с профильной поверхностью**

- **Цилиндрические нагели изготавливают в виде гладких стержней круглого сечения из стали, металлических сплавов, твердых пород древесины и из пластмасс.**

- По характеру своей работы в соединениях сдвигаемых элементов к цилиндрическим нагелям относятся также болты, гвозди, глухарь (винты большого диаметра с шестигранной или четырехгранной головкой) и шурупы.

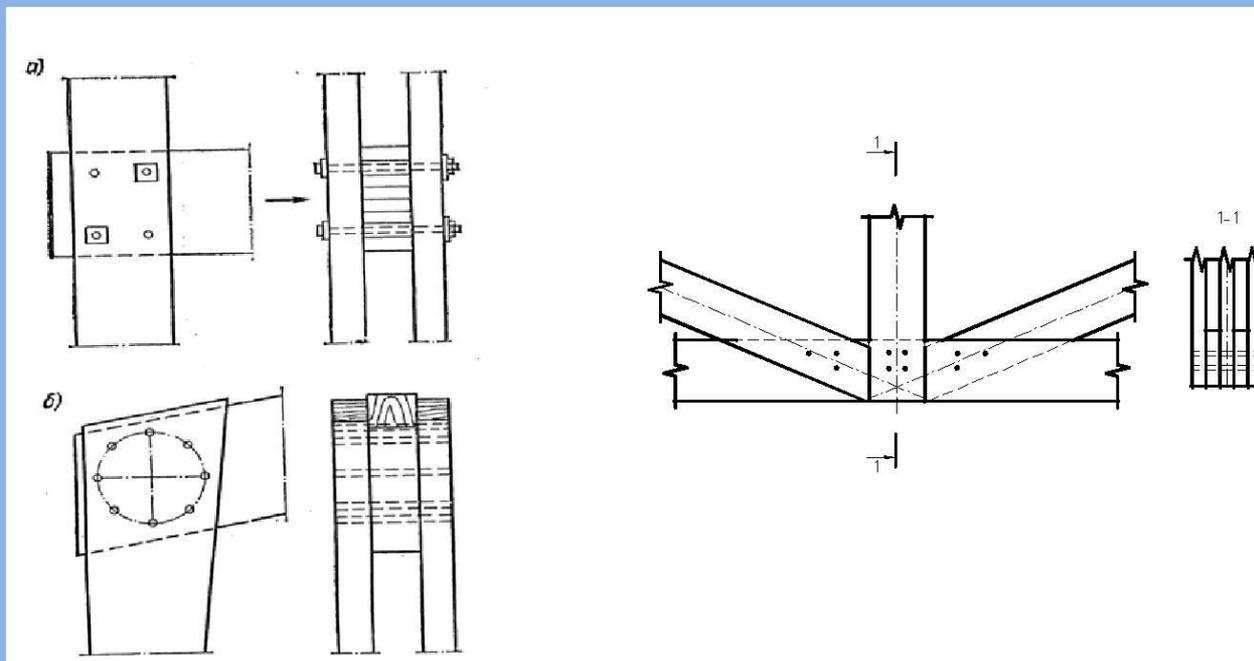
- **Цилиндрические нагели  
устанавливают в  
предварительно  
просверленные гнезда.**
- **Диаметр отверстия для  
нагеля обычно принимают  
равным диаметру нагеля.**

- **Однако нормами некоторых стран с целью увеличения плотности соединений, особенно при переменной влажности и усушке древесины, предусматривается диаметр отверстия на 0,2–0,5 мм меньше диаметра нагеля.**

- **Для шурупов и глухарей необходимо предварительное просверливание отверстия сверлом диаметром меньше диаметра нарезной части шурупов и глухарей.**
- **Обычные гвозди изготавливают из гладкой проволоки диаметром до 6 мм и чаще забивают в древесину без предварительного сверления гнезд.**

- **Цилиндрические нагели и болты применяют для сплачивания элементов деревянных конструкций, соединения их по длине, а также в узловых примыканиях.**
- **Соединения деревянных элементов на нагелях бывают симметричными и несимметричными.**

- **Для обжатия соединений ставят стяжные болты в количестве около 25% общего числа нагелей.**
- **Если стяжные болты сделаны из того же материала, что и нагели, то их включают в расчетное количество нагелей.**



**Узловые соединения на цилиндрических нагелях**

- ***Область применения:***
  - **нагели стальные цилиндрические сквозные (болты и штыри) – рекомендуются для растянутых стыков сквозных конструкций и узлов при слабом нагружении решетки , а также для соединения ветвей составных сжатых и сжато-изогнутых элементов больших поперечных сечений;**
- **применяют в конструкциях заводского и построечного изготовления;**

**– нагели цилиндрические  
стальные глухие – могут  
быть применены в  
растянутых стыках,  
перекрытых стальными  
накладками;**

- **гвозди проволочные, работающие на сдвиг – применяют для соединения составных сжатых и сжато-изогнутых элементов, в составных балках с перекрестной стенкой и узлах сквозных конструкций со слабо загруженной решеткой при построечном изготовлении, в опалубке и т.д.;**
- **не рекомендуется применять в растянутых стыках постоянных**

**– винты (глухарь и шурупы),  
работающие на сдвиг – допускаются к  
применению в растянутых стыках и в  
узлах для крепления стальных  
накладок, особенно в сборных  
конструкциях (в односрезных  
соединениях).**

# Типы нагельных пластин и элементов

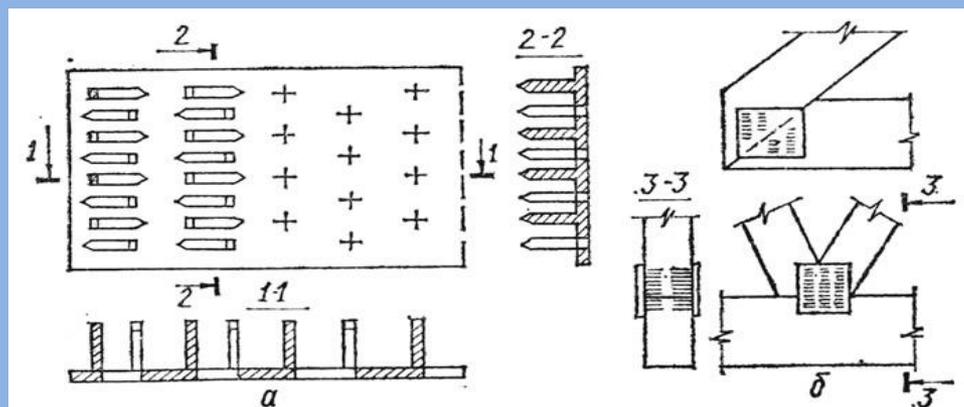
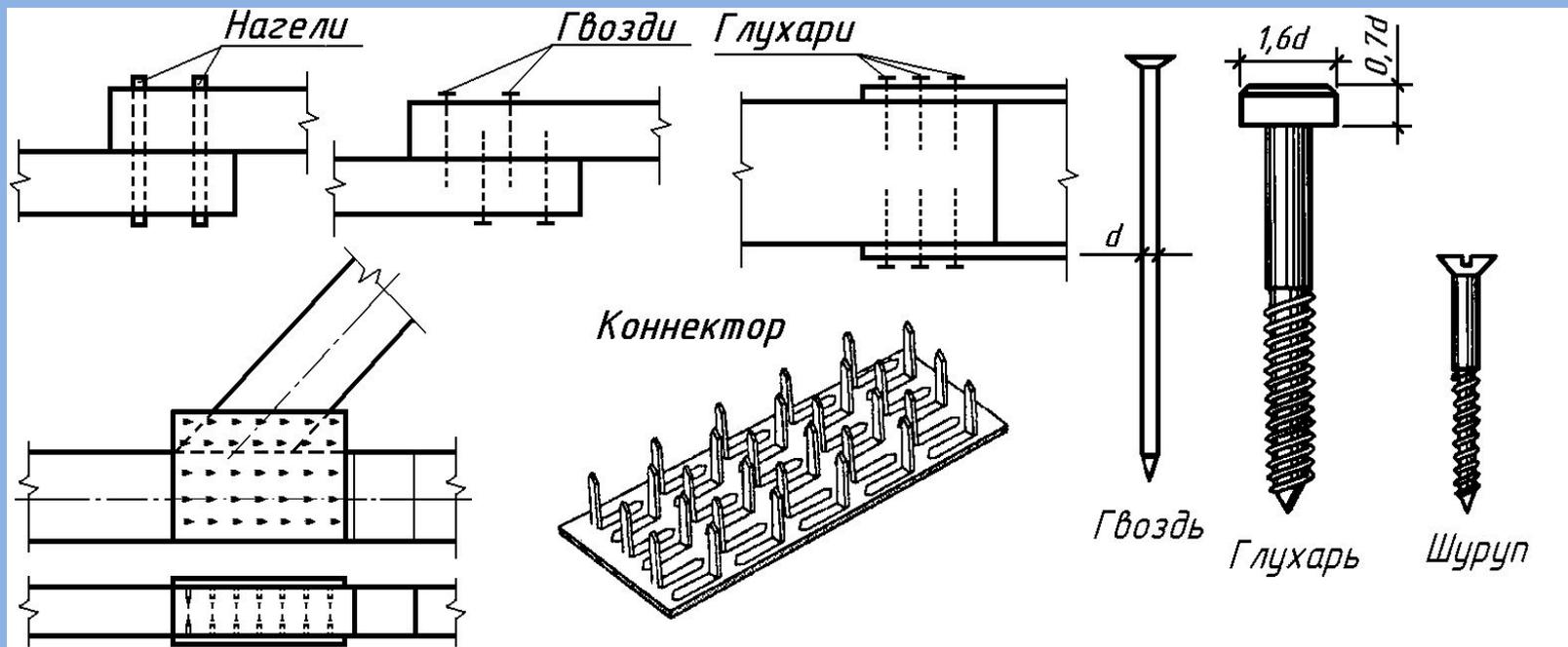
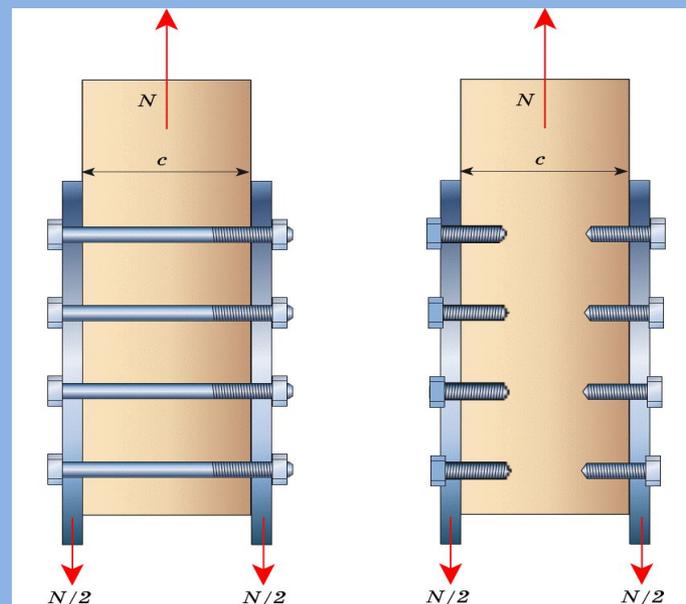
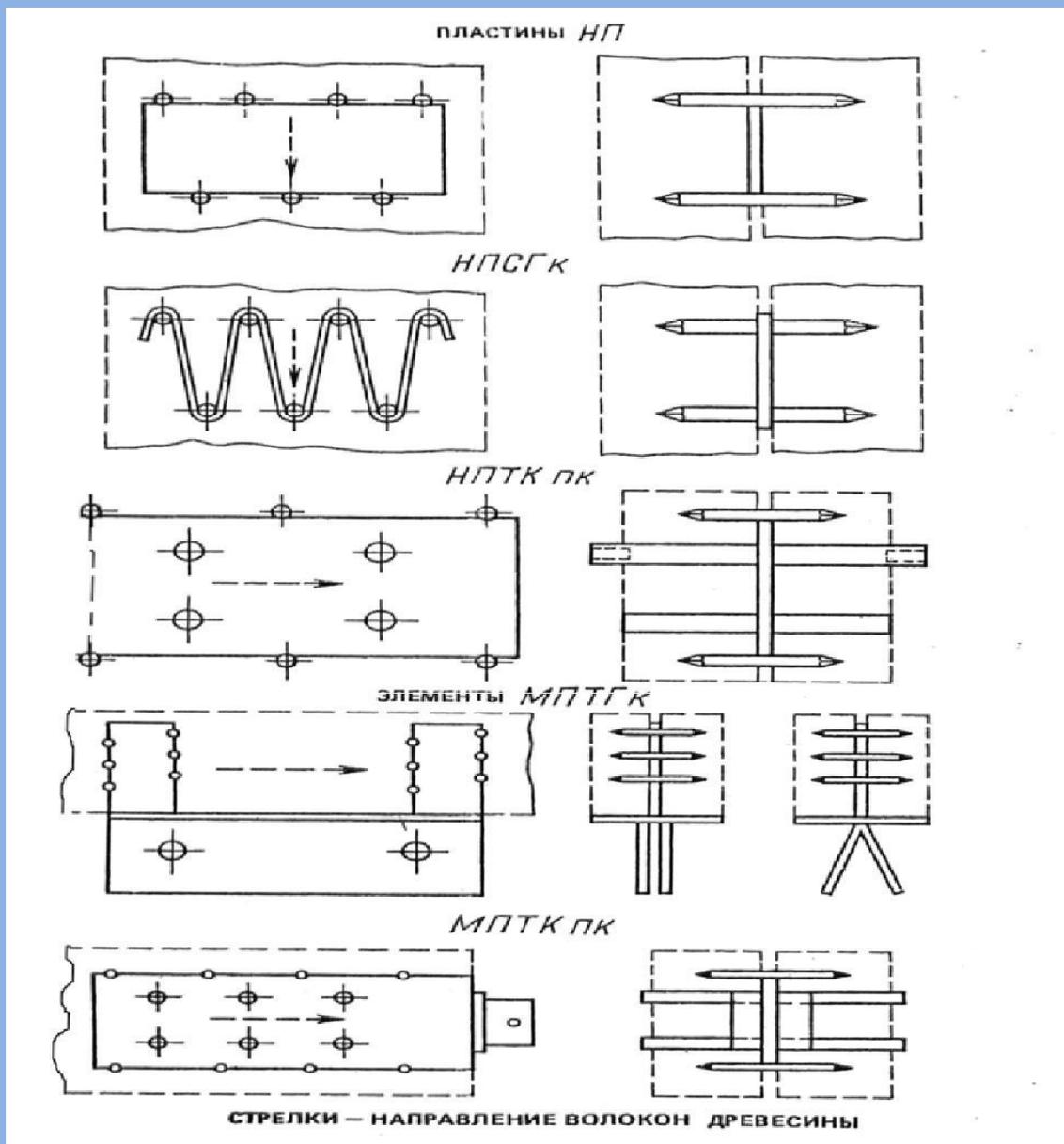


Рис. 68. Соединения на гвоздевых пластинках:  
 а — общий вид гвоздевой пластинки; б — узлы ферм



# Типы нагельных пластин и элементов



**В зависимости от механических характеристик материала основы и ее формы выделяют следующие классы нагельных пластин:**

- **мягкие  $M$  – с основой из низкомодульных материалов (древесных, синтетических, цементно-содержащих и т.п. материалов);**
- **жесткие  $T$  – из высокомодульных материалов с повышенным расчетным сопротивлением (металлов, конструкционных**

- гибкие **C** – с основой из проволоки или стержней, изогнутых в плоскости соединения;
- армированные **A** – из синтетических и цемента-содержащих материалов, имеющих каркас из проволоки или стержней;
- безосновные **O** (или нагельные группы) – с временным закреплением нагелей в фиксаторах, обеспечивающих устойчивость их при внедрении в древесину

- В зависимости от формы концевой части нагелей различаются пластины следующих типов:
- гвоздевые Г – заостренные;
- нагельные Н – незаостренные;
- комбинированные К – с нагелями обоих типов.

- **Нагели могут быть изготовлены из стальной проволоки или стержней (возможно также применение конструкционных пластмасс) диаметром 5–8 мм для гвоздевых и 12–20 мм – для стержневых пластин.**

- **В некоторых случаях можно использовать заостренные нагели диаметром до 10–12 мм, ориентированные на внедрение в цельную древесину, что обусловливается изменением условий их внедрения.**

**Закрепление нагелей на основе пластин различных классов осуществляется одним из приведенных способов:**

- по плотной посадке «л» отверстия, просверленные или продавленные в материале основы классов *M* и *T*;**
- контактной приваркой «к» по боковым граням металлических пластин классов *C* и *A*;**

## ***Область применения:***

- в силу ряда причин конструктивно-технологического свойства нагельные пластины могут быть использованы лишь в качестве заводского средства соединения деревянных конструкций;**
- применение их в монтажных соединениях не эффективно, что затрудняет изготовление многих видов пространственных, быстромонтируемых сборно-**

- **Особенно эффективны винтовые соединения при усилении конструкций, работающих под нагрузкой.**
- **Их применяют также для предотвращения развития усущечных трещин, снижения отрицательного влияния напряжений поперек волокон, в виде объединительных связей в деревобетонных конструкциях и т.д.**

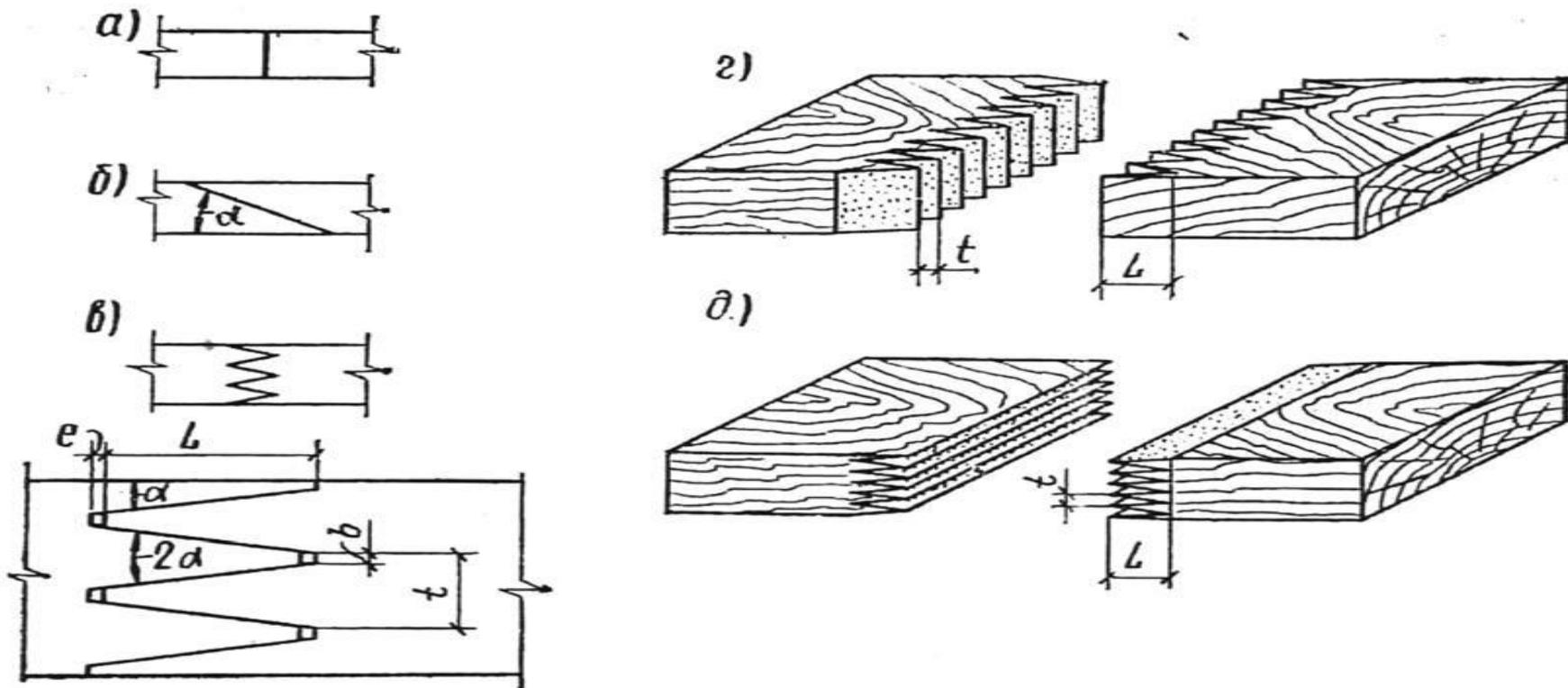
- **Альтернативой винтовым соединениям являются соединения с помощью спиральных стержней.**
- **Последние изготавливаются из высокопрочной проволоки диаметром 4–5 мм путем ее холодной прокатки до линзообразного сечения и последующего скручивания в спираль с шагом 15–25 мм.**

- Прочность таких стержней на разрыв в несколько раз превышает прочность обычной стали, а модуль упругости составляет около  $10^5$  МПа, т.е. в два раза ниже, чем для стали.

- **В отличие от винтов спиральные стержни являются менее металлоемкими, меньше повреждают структуру древесины и практически не вызывают в ней внутренних напряжений после ввинчивания.**
- **Поскольку спиральные стержни не имеют шляпок, то остаются после ввинчивания почти невидимыми на поверхности соединяемых элементов.**

# Соединения на клеях

- Деревянная конструкция, монолитно склеенная из сухих и тонких досок, обладает значительными преимуществами перед брусом, вырезанным из цельного бревна,
- но для реализации этих преимуществ необходимо строгое соблюдение всех условий технологии индустриального производства клееных деревянных конструкций.



## Виды торцовых клеевых соединений:

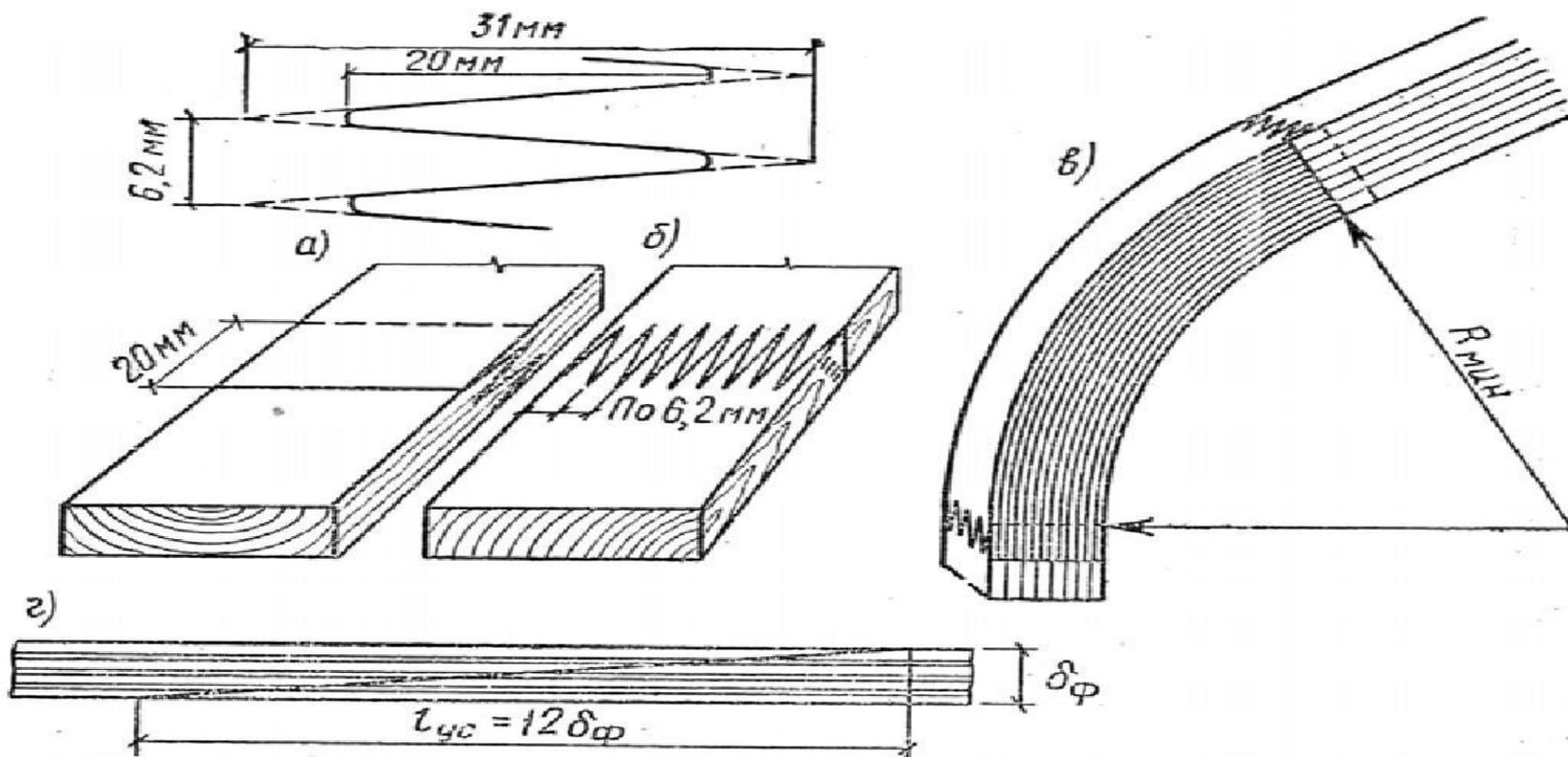
а – впритык; б – «на ус»; в – зубчатое клеевое соединение;

г – вертикальное зубчатое клеевое соединение;

д – горизонтальное зубчатое клеевое соединение;

$t$  – шаг шипа;

$L$  – длина шипа;  $b$  – затупление;  $e$  – зазор



**Нормальное продольное сращивание элементов дощато-клееных ДК на «зубчатый шип» и фанерных элементов «на ус», осуществляемое в заводских условиях**

**Однако, учитывая сложность изготовления, применение дощато-клееных конструкций рационально в тех случаях:**

- когда требуется большое поперечное сечение элементов,**
- когда необходимо свести к минимуму количество металлических вкладышей,**
- для увеличения огнестойкости,**
- уменьшения воздействия агрессивных сред**
- или в случае, когда предъявляются особые требования к архитектурной выразительности сооружения.**

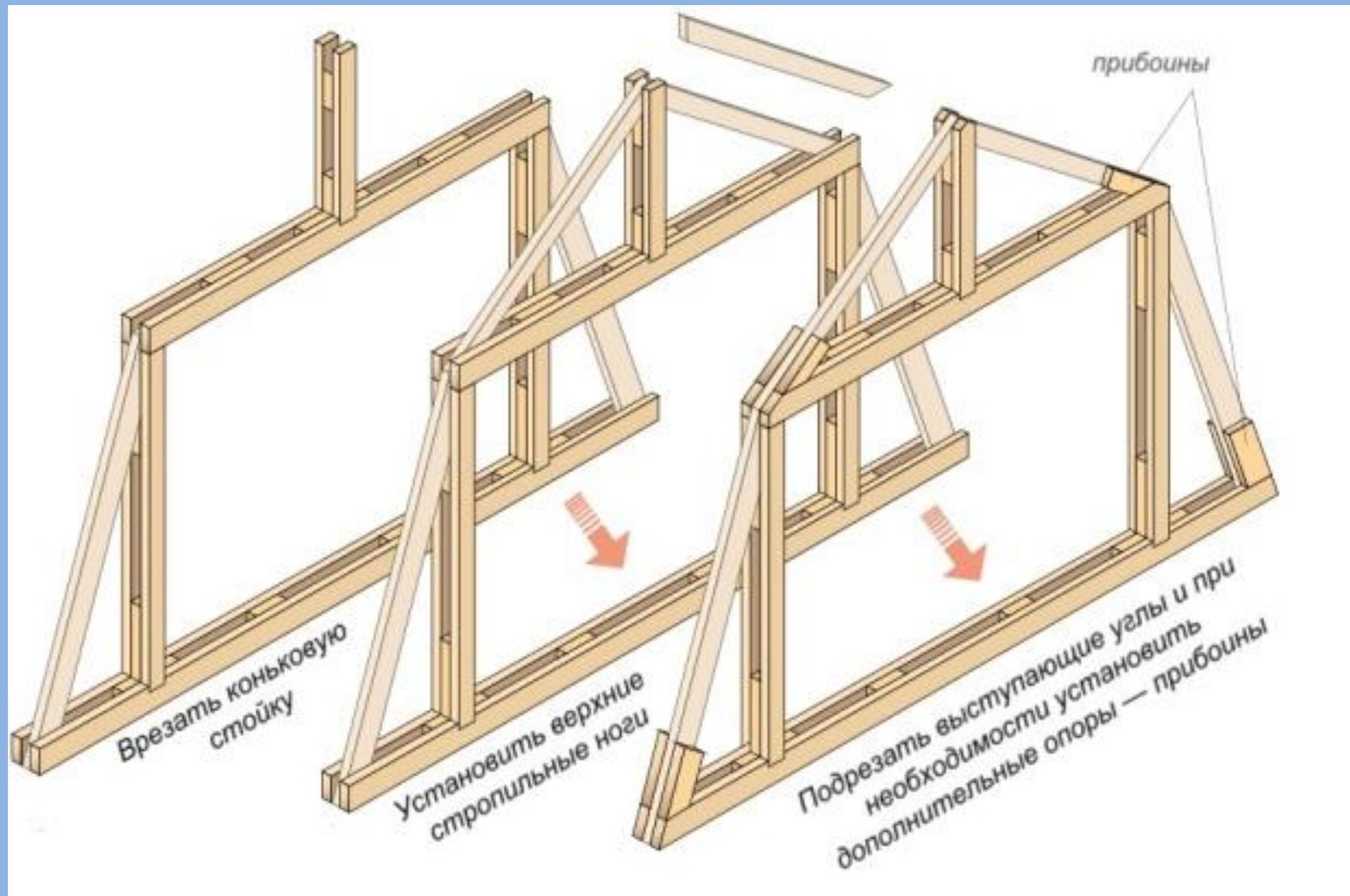
## ***Область применения:***

- **индустриальные сборные и сборно-разборные конструкции заводского изготовления (балки, стойки, фермы, арки, рамы, щиты покрытий и перекрытий и т.п.);**
- **сваи и шпунт, понтоны и суда.**

## *Жесткие узлы рам из цельных и клееных элементов*

- **Простейшей и наиболее востребованной на сегодня цельнодеревянной рамой является мансардная рама из дощатых элементов.**
- **Такие рамы применяются при пролетах до 12 м с относительно небольшим шагом расстановки (1 -1,5 м).**

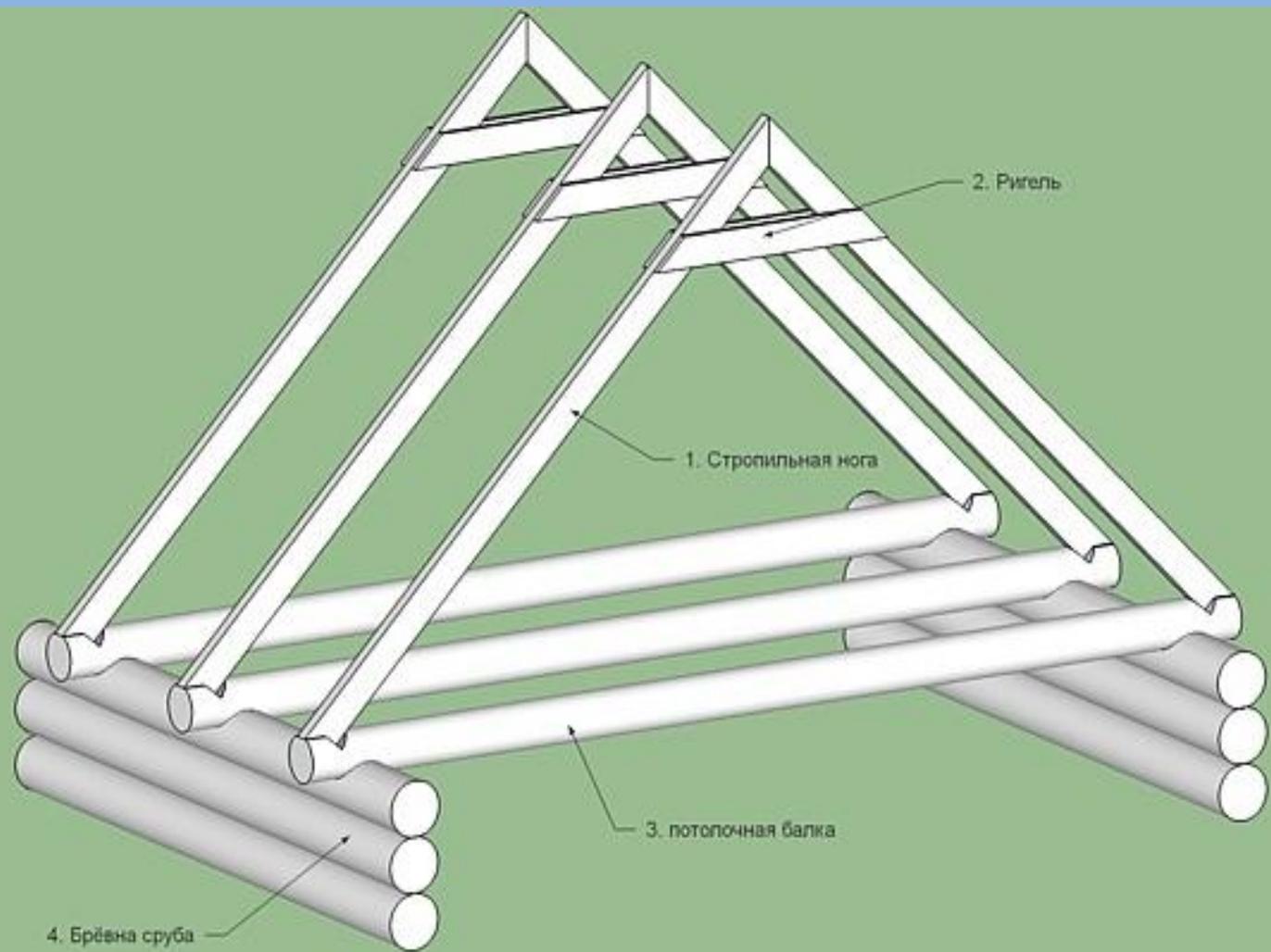
# Общий вид и конструктивное решение жесткого карнизного узла мансардной дощатой рамы



**В рамах, когда стойки и ригели выполняются из разного количества элементов (стойка из двух, а ригель из одного или наоборот)**

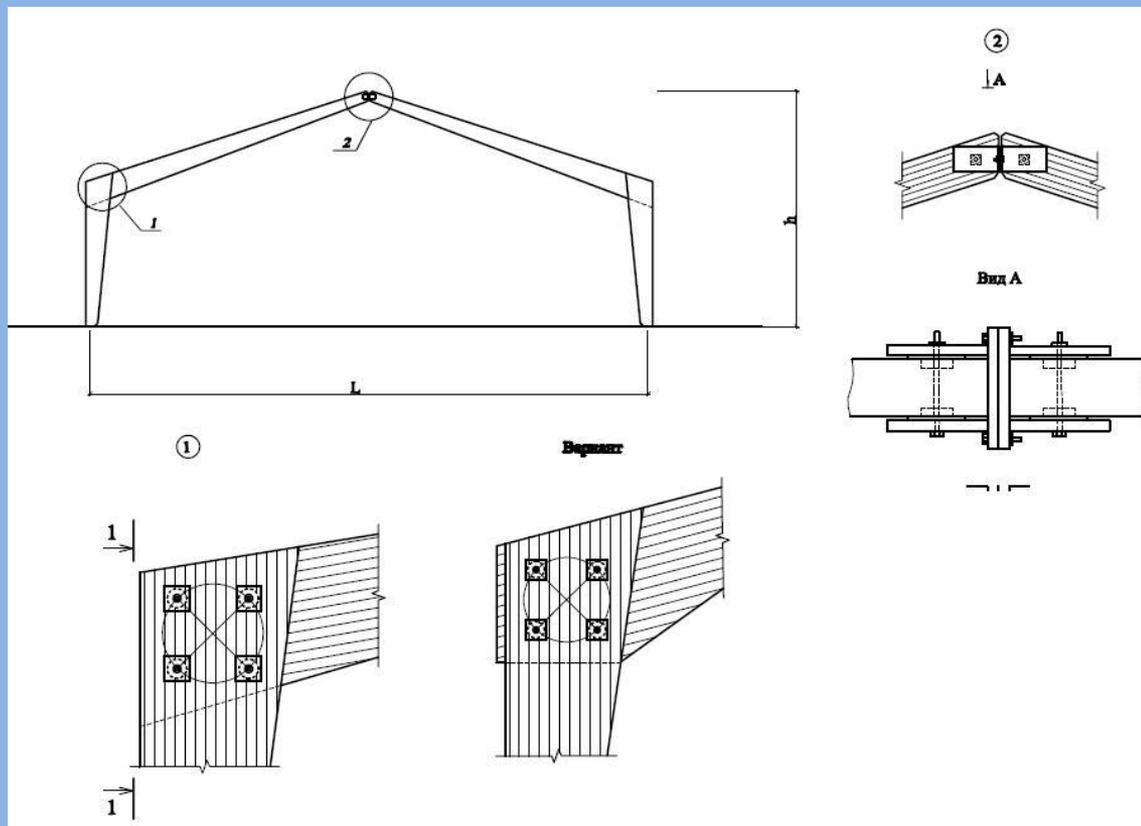
**жесткий карнизный узел может выполняться с использованием «вилки»,**

**когда один элемент (ригель) помещается между двумя**



# Жесткие карнизные узлы клеецошатых рам

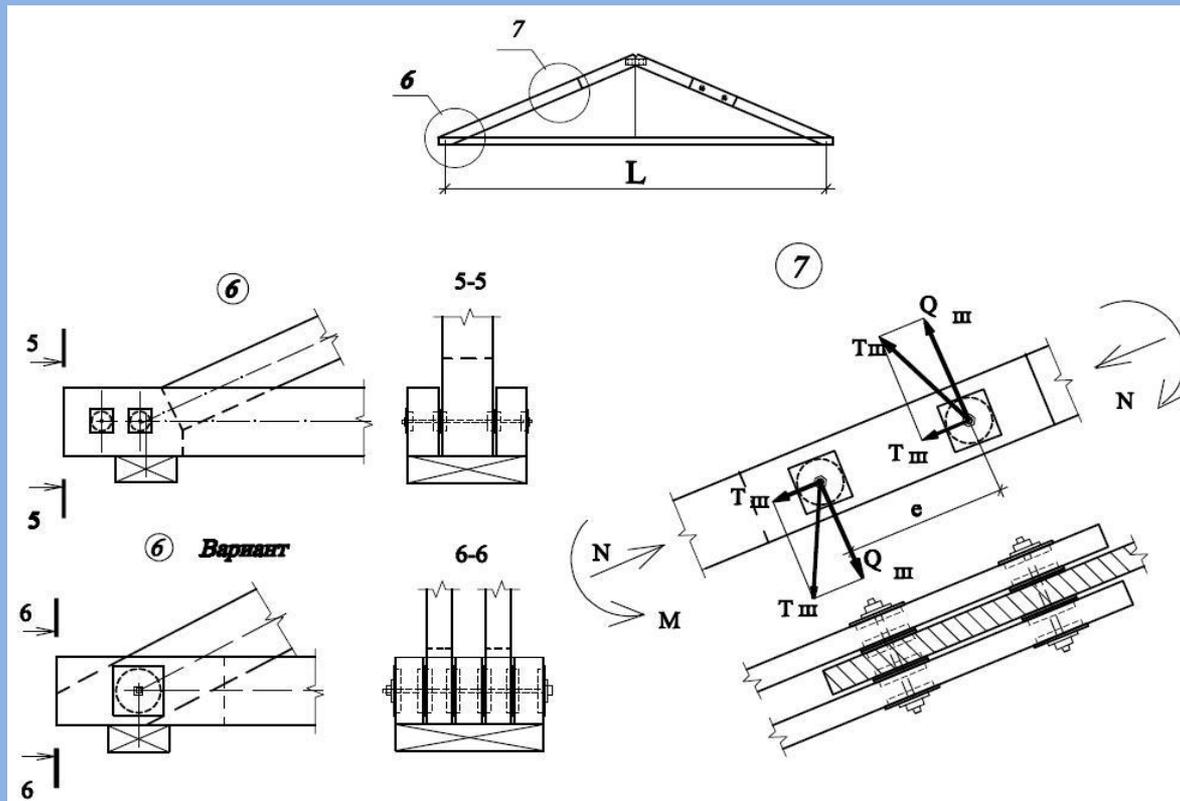
- Клееная дощатая рама выполняемая из прямолинейных элементов ригеля и стойки.
- Пролет  $L=12, 30$  м,  $h=(1/20\dots1/30)\times L$ , шаг установки 4,6 м.
- Наиболее нагруженным и ответственным узлом таких рам является карнизный.



**Общий вид и конструктивное решение дощатоклееной рамы:**

**1 – жесткий карнизный узел рамы; 2 – коньковый узел рамы.**

# Жесткие узлы элементов дощатых и клеедрощатых арок



**Арка из прямоугольных дощатых элементов.**  
Пролёт арки  $L = 12-36$  м,  $h = (1/30 \div 1/40)L$ , шаг установки арок  
 $3 \div 4.5$  м.