

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

М.В. Арискин, С.А. Болдырев

# **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

## **ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия  
для студентов, обучающихся  
по направлению подготовки 08.04.01 Строительство»

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2015

УДК 624.011.1  
ББК 38.5  
А81

*Учебное пособие подготовлено в рамках проекта  
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рецензенты: кандидат технических наук, директор  
ООО «ИнжСтройКОМ» Э.В. Егинов;  
доктор технических наук, профессор  
Н.Н. Ласьков

**Арискин М.В.**

А81 Современные металлические и деревянные конструкции. Деревянные конструкции: учеб. пособие / М.В. Арискин, С.А. Болдырев; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 88 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Современные металлические и деревянные конструкции» и отражает вопросы тенденций развития деревянных конструкций.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Строительные конструкции» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Проектная организация «Гипромаш»» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» при выполнении дипломного проекта, а также при научно-исследовательской работе.

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015  
© Арискин М.В., Болдырев С.А., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие выполнено на кафедре строительных конструкций и способствует овладению умением вести сбор, анализ и систематизацию информации по теме исследования, готовить научно-технические отчеты, обзоры публикаций по теме исследования (ПК-6); способностью вести организацию, совершенствование и освоение новых технологических процессов производственного процесса на предприятии или участке, контроль за соблюдением технологической дисциплины, обслуживанием технологического оборудования и машин (ПК-10).

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство» направленности «Теория и проектирование зданий и сооружений». Оно может быть полезным также инженерно-техническим работникам проектных и строительных организаций.

## ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущий интерес к деревянной архитектуре вполне обоснован и понятен: жизнь в доме из дерева – особое, ни с чем не сравнимое удовольствие, подаренное самой природой, живым теплом уникального по своим свойствам материала. Но не только практической пользой вызван интерес к деревянному дому; Выразительные возможности природного материала, его способность гармонично «уживаться» с другими, хорошие конструктивные качества открывают широкий простор для творчества.

Наиболее широко используются каркасные конструкции зданий и сооружений. Они хороши тем, что не задают проектировщику жестких рамок. С их помощью можно реализовать практически любое архитектурное решение. Перепады высот и уровней, сочетание различных, казалось бы, не сочетаемых объемов, легко осуществимы. Наконец деревянные каркасные конструкции позволяют сделать стены легкими, не несущими.

В 30-е – 40-е годы прошлого столетия широко использовались соединения на стальных шпонках. При достаточно большой несущей способности они обладали и значительными недостатками, такими как: трудоемкость изготовления, которая связана с точной подгонкой размеров шпонки с размерами отверстия под нее; повышенные начальные деформации, обусловленные наличием рыхлых деформаций; значительные деформации всего соединения. В связи с этим применение данного вида соединения было приостановлено.

В 60-е – 70-е годы XX в. в деревянных конструкциях появились новые виды соединения с применением клеестальных шайб. Однако они не

получили распространения в строительстве и даже не вошли в рекомендации строительных норм.

Большое разнообразие соединений в деревянных конструкциях и продолжающийся сегодня поиск наиболее современных их видов, говорит о важности их для прогрессивного развития деревянных конструкций.

В 70-е годы XX в. появился новый тип соединений – соединения на клею. Клеевые соединения обеспечивали равнопрочность стыка и монолитность всего соединения. Однако, клеевые соединения имели повышенную стоимость и требовали использования специальных технологических линий (заводов по изготовлению клееных конструкций). Вследствие этого клееная древесина оказалась значительно дороже не клееной (цельной), из-за чего ее применение было ограничено.

Древесина является одним из основных видов строительных материалов, чему способствуют ее широкое распространение, легкость добычи и обработки, а также высокие показатели прочности при малом объемном весе.

При необходимости доставки строительных деталей и конструкций на большие расстояния особенно ценным является малый вес деревянных элементов – в 5-6 раз меньший веса соответствующих железобетонных элементов, что значительно сокращает стоимость транспортирования.

К недостаткам, ограничивающим применение деревянных конструкций, относятся: опасность возгорания и загнивания их, усушка, разбухание, коробление и растрескивание, неоднородность строения и наличие пороков в древесине. Но они не могут считаться неустранимыми, так как современная техника выработала способы борьбы с недостатками природной древесины – различные методы консервирования и облагораживания ее. Изобретены производные материалы из древесины с повышенными свойствами: фанера различных видов, прессованная древесина, слоисто-прессованная древесина, материалы из щепы и стружек (фибролит), древесноволокнистые материалы (оргалит), изделия из отходов древесины на основе вяжущих из синтетических смол (древесно-стружечные плиты) и др. Применение этих способов обработки древесины и новых производных материалов существенно повышает долговечность деревянных конструкций, расширяет область их эффективного применения в строительстве.

# 1. ПРИМЕНЕНИЕ НЕСУЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ В СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Рамные и арочные конструкции из клееной древесины традиционно применяются на различных объектах. В последнее десятилетие они стали особенно популярны при строительстве спортзалов, теннисных кортов, конноспортивных манежей, мансардных надстроек и др. Приведенные в статье проекты каркасов разработаны в ЦНИИСК, изготовление конструкций производилось на Волоколамском ЗСМ или на ДСК-160 в г. Короле. Применение несущих деревянных конструкций в практике строительства представлено на рис. 3.1...3.12.

Прямоугольный в плане конноспортивный манеж в Огарево построен в 2002 г. (рис.3.1). Основные несущие конструкции – клееные деревянные 3-шарнирные рамы пролетом 24 м имеют криволинейные подкосы, опирающиеся совместно со стойками на фундамент с упором в ригель. Для обеспечения устойчивости длинного подкоса он соединен с карнизным узлом рамы клееным деревянным элементом. Ригель имеет утолщение для упора подкоса. Кривизна подкоса выбрана согласно требованию обеспечения габарита манежа по нормам конноспортивных состязаний. Подкос выполнен с криволинейными наружными накладками, закрывающими место стыка подкоса и ригеля.

В конструкции рамы этого манежа исключены некоторые недостатки аналогичных рам манежей, построенных ранее в Красногорском районе Московской области, комплекс «Новый век» (рис. 3.1) и в пос. Котельники, комплекс «Белая лошадь». Например, в первом из них угловой элемент выполнен спаренным, что ухудшает внешний вид карнизного узла, а во втором накладки подкоса не закрывают место упора в ригель, что требует повышенного качества выполнения шарнира. В приведенных примерах конструкция рамы совместно с клееными деревянными прогонами крыши, горизонтальными и вертикальными связями, обеспечивают жесткость и прочность здания манежа и внутренние габариты при минимально возможном для данного пролета объеме с учетом архитектурных требований.

Многоугольный конноспортивный манеж-погонялка комплекса «Новый век» построен в 1999 г. Основные несущие конструкции – клееные деревянные рамы пролетом 18 м (рис.1), стойки которых установлены на многоугольном железобетонном основании, а ригели объединены в центре

многоугольного купола металлическим кольцом, имеющим вентиляционную вытяжку. Рамы имеют подкосы, выпущенные наружу здания от каждой стойки и поддерживающие карнизный свес шириной более метра, который позволяет защитить стены от косо дождя и прямого солнечного света. Рама имеет простую конструкцию с ясной статической работой. Помещение удовлетворяет требованиям техники разминки лошадей: внутри помещения нет выступающих конструкций, габариты достаточны при минимальном экономичном объеме воздуха.

Торговый дом на ул. Сходненская в Москве построен в 1997 г. (рис.3. 4). Основные несущие конструкции – клееные деревянные рамы пролетом 25,5 м. Рамы имеют наклонные стойки и наружные подкосы, поддерживающие ригель. В створе с подкосами вдоль продольных стен здания устроены окна. Конструкция рамы (небольшая высота, уклон стоек и др.) позволяет эффективно организовать торговые места. Торговый центр по продаже автомобилей аналогичной конструкции разработан ЦНИИСК и построен в Луанде (Ангола).

При реконструкции одноэтажной кирпичной постройки под жилой дом на кирпичные стены первого этажа были установлены рамы из клееной древесины. Наружные подкосы поддерживают большой карнизный свес. Ригели объединены криволинейной вставкой, что позволяет сделать простой коньковый узел и улучшить интерьер. Жесткость рам позволяет не ставить внутренние несущие стены и организовать свободное пространство. На части здания (новая пристройка) рамы выполнены двухэтажными, причем клееный деревянный ригель перекрытия поддерживается подкосами, что придает жесткость и прочность двухэтажным рамам, которые в этом случае могут монтироваться полностью собранными.

Приведенные примеры показывают, что основное преимущество рам – обеспечение достаточного технологичного объема помещения при небольшой высоте несущей конструкции. Это достигается различным расположением подкосов и в необходимых случаях затяжек. Недостатком рамных конструкций является их многодельность, необходимость устройства стеновых ограждений. Рамы применимы не во всех объектах в связи с непростым конструированием подкосов и невозможностью выполнения затяжек в некоторых случаях.

Более универсальными являются клееные деревянные арки. Теннисный корт в пансионате «Липки» Московской области построен в 2002 г. Основные несущие конструкции – клееные деревянные арки пролетом 39 м разработаны институтом «Курортпроект» совместно с ЦНИИСК. Высота арок в коньке ограничена требованиями экономии отопления при

достаточных по нормам габаритах игровых площадок. Недостаток конструкции – выступающие за наружные стены участки несущих арок. В этом случае применена защита наружных участков от атмосферных воздействий.

Склад противогололедных реагентов на ул. Суздальской в Москве (рис. 2). Основные несущие конструкции – 3-шарнирные арки пролетом 60 м. Арки стрельчатого очертания выполнены в соответствии с технологическими требованиями складов сыпучих материалов. Достоинство такого арочного решения в простоте изготовления и сборки, совмещения конструкции стен и крыши.

Спортивный комплекс «Буря» в Сергиев-Посадском районе Подмосковья построен в 1999 г. Основные несущие конструкции – 3-шарнирные арки кругового очертания различного пролета, разработаны ЦНИИСК (рис.3-12). Различный уровень опирания арок и различные размеры полуарок позволяют варьировать объем здания в соответствии с целевым назначением (бассейн, спортзал, тренажерный зал).

Клееные деревянные арки универсальны. Они могут быть выполнены любого очертания, в том числе в сочетании положительной и отрицательной кривизны, и любого пролета (рис.4). Технологические и транспортные ограничения по длине элементов решаются в большепролетных деревянных конструкциях с помощью монтажных стыков, разработанных в ЦНИИСК, равнопрочных с основным сечением конструкции, практически не имеющих наружных металлических деталей, что повышает их коррозионную стойкость, огнестойкость и эстетичность. Рамное или арочное решение каркаса здания выбирается в зависимости от области применения. В сочетании с разнообразными фахверковыми и стеновыми решениями, а также конструкциями световых фонарей, позволяющими применять эффективные современные материалы, арочные и рамные несущие конструкции из клееной древесины позволяют создать интересные архитектурные объемы, как показывает опыт строительства последних лет.



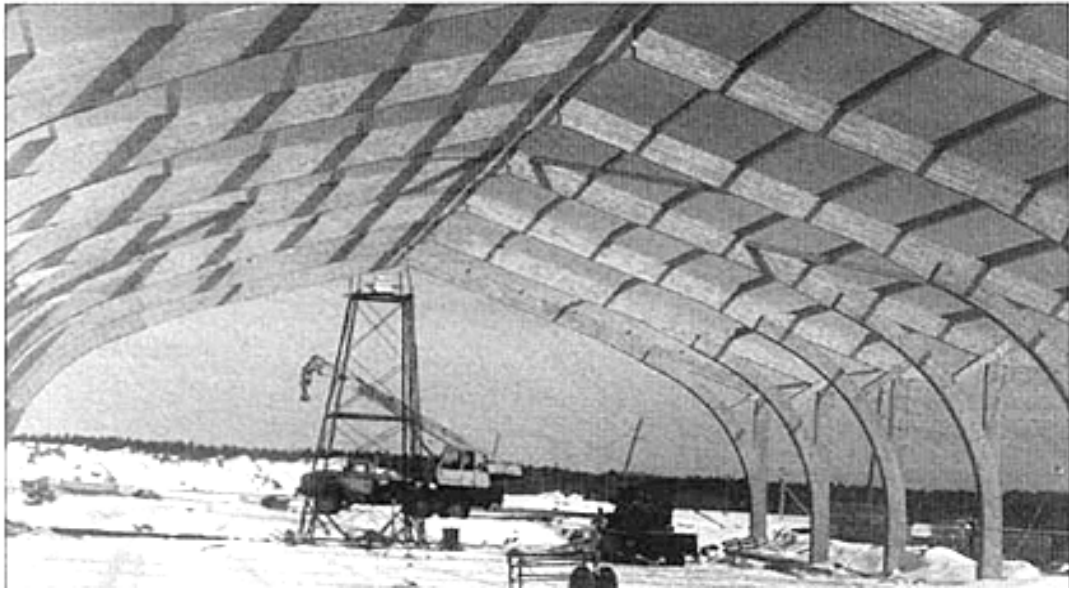


Рис.1. Рамные конструкции главного манежа конноспортивного комплекса «Новый век» Пролет 26 м. Высота 12 м

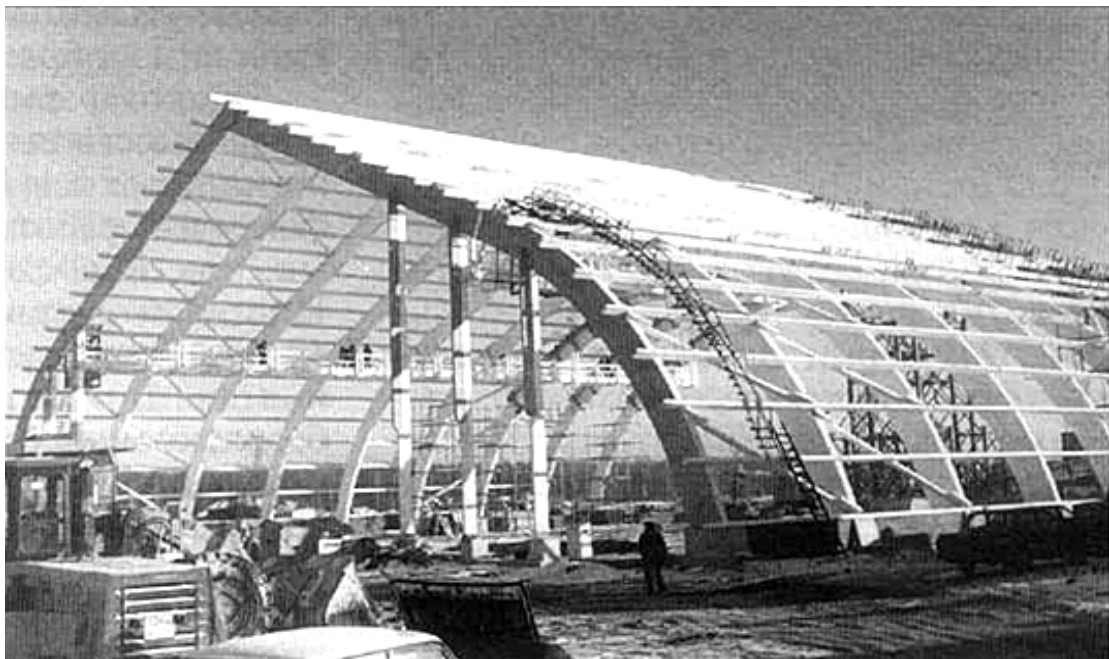


Рис.2. Арочные конструкции склада противогололедных реагентов в Москве (ул. Суздальская). Пролет 60 м. высота 21 м



Рис.3. Конструкции спортивного комплекса «Буря» пролеты 24.29.34 м



Рис.4. Рамные конструкции торгового дома Москва (ул. Сходненская)



Рис. 5. Арочные конструкции теннисного корта в п.Снегири Московской области(пролет 18 м)



Рис.6. Андреевский мост в г. Москва



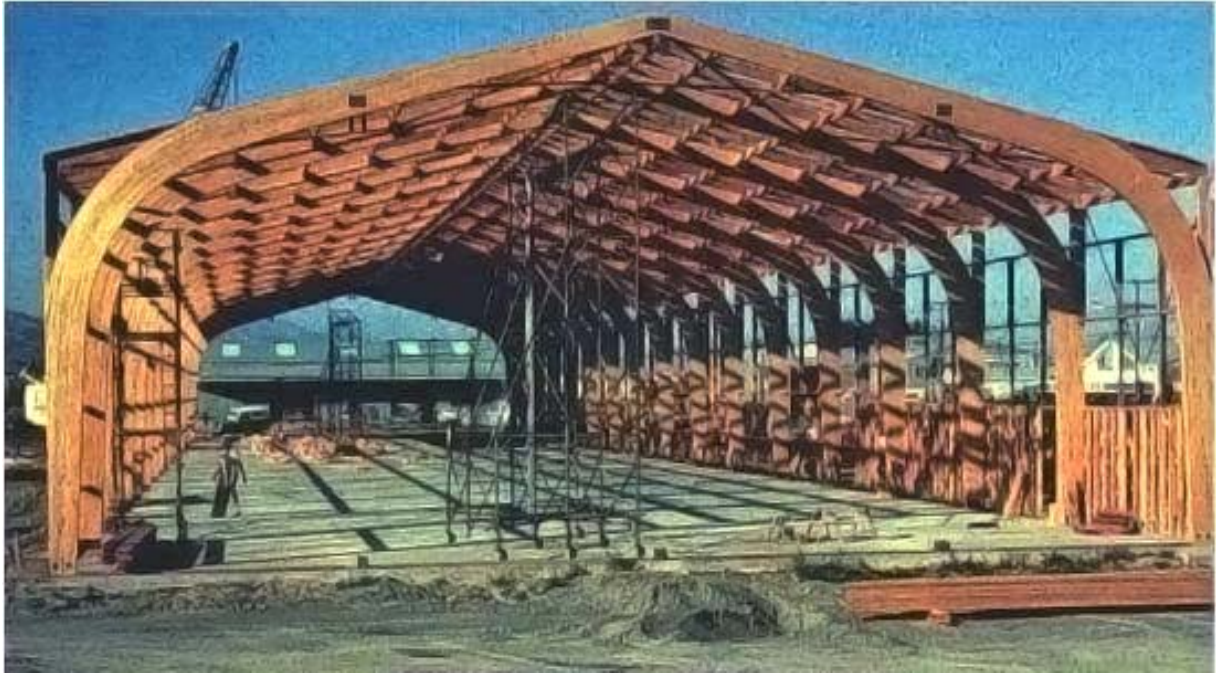


Рис. 7. Склад готовой продукции г. Прошера. Южная Австралия



Рис. 8. Плавательный бассейн г. Оулу. Финляндия



Рис. 9. Складской комплекс. г. Потсдам. Германия

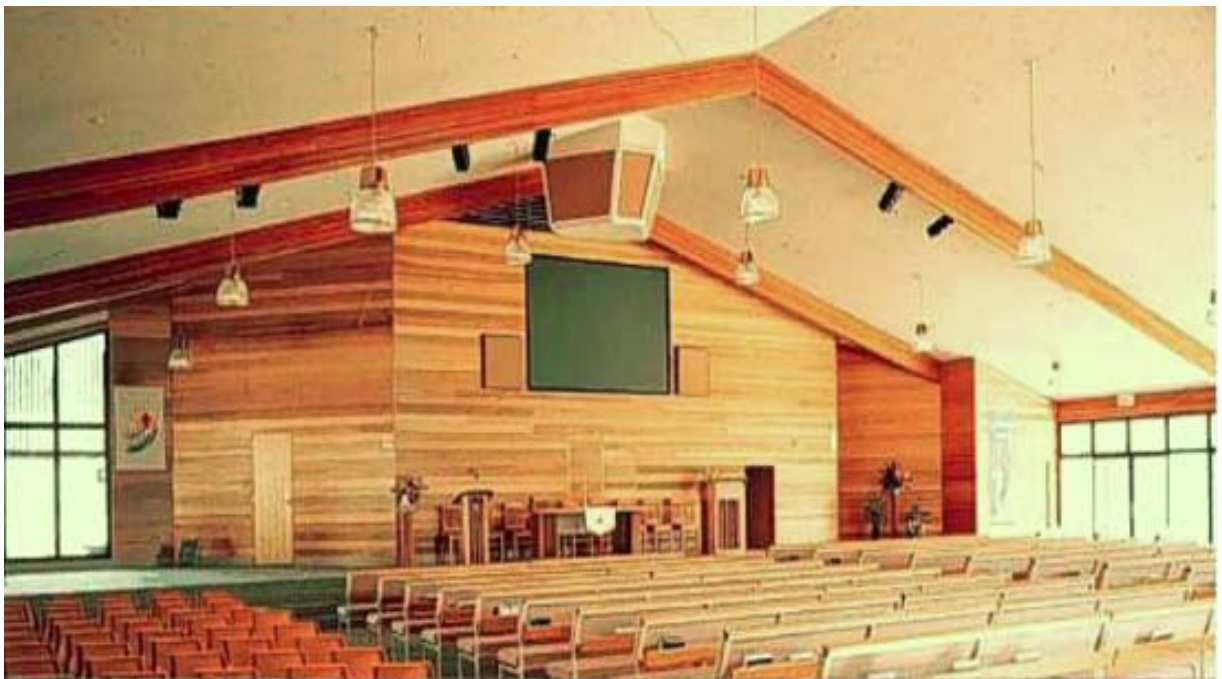


Рис. 10. Административное здание. г. Огре. Латвия





Рис. 11. Спортивный комплекс. г. Вестерос. Швеция



Рис. 12. С/Х здание Иваново. Россия

## 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РОССИЙСКОМ И ЗАРУБЕЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В практике часто применяются плоские двухпоясные конструкции решетчатого типа (фермы, арки, рамы), а также пространственные стержневые конструкции в виде структур, куполов, складок, сетчатых сводов, оболочек и т. д. Как правило, они состоят из набора стержневых элементов, работающих в условиях одноосного сжатия, растяжения и изгиба. Конструкции такого типа позволяют реализовывать разнообразные и часто более выразительные формы зданий, то есть отвечают современным архитектурным направлениям, таким как High-Tech, постмодернизм и деконструктивизм, заимствование природных форм. К деревянным конструкциям, кроме общеизвестных требований (низкая материалоемкость и трудоемкость, равнопрочность с основным сечением, огнестойкость, надежность и т.д.), все чаще предъявляются эстетические требования, например, скрытость крепежных деталей в толще соединяемых элементов. Последнее требование является обязательным при ремонте и усилении деревянных конструкций исторических зданий [23,75], где должен соблюдаться принцип идентичности.

### 2.1. Классификация соединений

Появление новых видов и методов изготовления соединений деревянных элементов обусловило значительный прогресс в развитии деревянных конструкций. В современных деревянных конструкциях наряду с традиционными, вручную изготавливаемыми соединениями, применяют новые соединения усовершенствованного типа.

По характеру работы соединения деревянных конструкций делятся на податливые и жесткие. Податливые соединения изготавливаются без применения клеев. Деформации в них возникают в результате неплотностей, образующихся при изготовлении от усушки и смятия древесины, особенно поперек волокон, и от изгиба связей. Величина этих деформаций при длительном действии нагрузок в соединениях, где древесина работает поперек волокон, принимается равной 3 мм, в остальных случаях – 1,5...2 мм. Они учитываются при определении прогибов конструкций.

Применяемый для нужд строительства лесоматериал в виде бревен и пиломатериала имеет максимальные размеры поперечного сечения 25–28 см и предельную длину 6,5 м. Вследствие ограниченности размеров

дерева создание из него строительных конструкций больших пролетов или высоты невозможно без соединения отдельных элементов.

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, щечковые 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, тяжи, хомуты, стальные накладки, шурупы, глухари, скобы, а также гвозди).

Необходимость правильного решения соединений отдельных деревянных элементов для работы конструкции в целом объясняется еще и тем, что анизотропное строение древесины проявляет свои отрицательные качества в большей степени в местах соединений.

Применение того или другого вида соединений определяется видом всей конструкции.

## 2.2. 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.

Работу нагеля можно рассмотреть на примере двух сдвигаемых элементов. Силы, сдвигающие сплачиваемые элементы, стремятся опрокинуть нагель. Под действием этих сил нагель после некоторого поворота, обусловленного неплотностями и обмятием древесины, упирается в нее сначала по краям элементов, а затем начинает изгибаться. При изгибе нагеля увеличивается поверхность его контакта с древесиной, что вызывает появление в ней неравномерных напряжений смятия по всей длине нагеля. Напряжения смятия древесины нагелем имеют разные знаки, и их равнодействующие образуют две пары взаимно уравновешенных продольных сил, препятствующих повороту нагеля. По условию равновесия нагеля моменты этих пар равны:  $T_1e_1=T_2e_2$  или  $T_1/T_2=e_2/e_1$ .



Таким образом, равновесие нагеля в отличие от равновесия шпонки обеспечивается только продольными силами, параллельными направлению сдвига соединяемых элементов. В нагельных соединениях отсутствуют поперечные силы, образующие распор, для восприятия которых в шпоночных соединениях приходится ставить растянутые связи (рис.13)

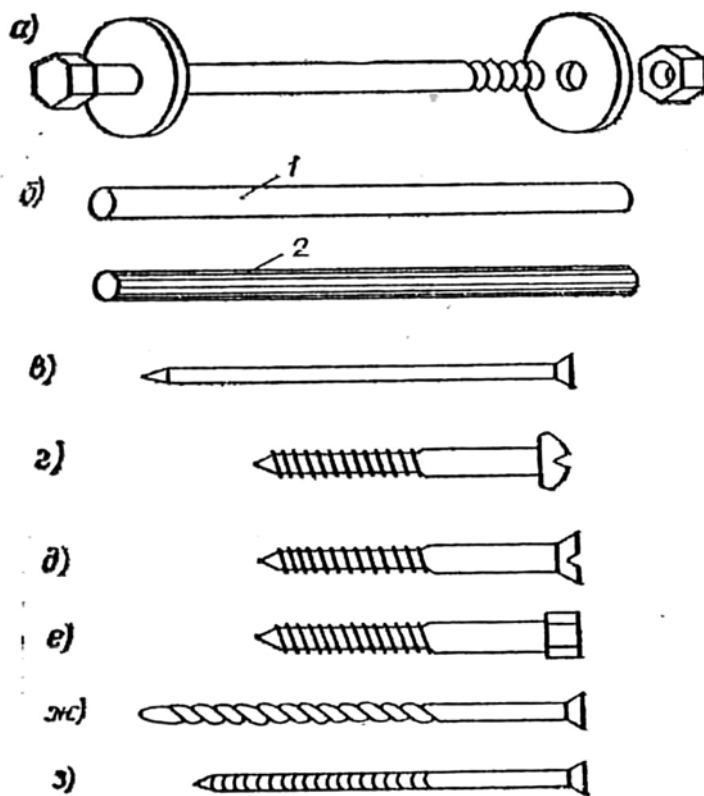


Рис. 13. Основные виды цилиндрических нагелей:  
 а – болт с гайкой и круглыми (квадратными) шайбами; б – цилиндрический нагель из стали (1), из твердых пород древесины или стеклопластика (2);  
 в – гвоздь; г – шуруп; д – шуруп с плоской головкой; е – глухарь с головкой болта; ж, з – особые виды гвоздей с профильной поверхностью

Цилиндрические нагели изготовляют 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, глухары (винты большого диаметра с шестигранной или четырехгранной головкой) и шурупы. Цилиндрические нагели устанавливают в предварительно рассверленные 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 просверливания отверстия сверлом диаметром меньше диаметра нарезной части шурупов и глухарей. Обычные гвозди изготовляют 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.

На плотность соединений на нагелях значительно влияет совпадение отверстий под нагели в соединяемых элементах. Чтобы получить хорошее совпадение отверстий и достичь максимальной плотности соединения, необходимо сверлить отверстия в предварительно собранном и обжатом пакете. 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.

В растянутых стыках по ширине элемента следует ставить только четное количество продольных рядов нагелей. Это требование объясняется тем, что при нечетном числе рядов средний оказывается по оси доски в зоне наиболее возможного появления продольных трещин в результате усушки древесины.

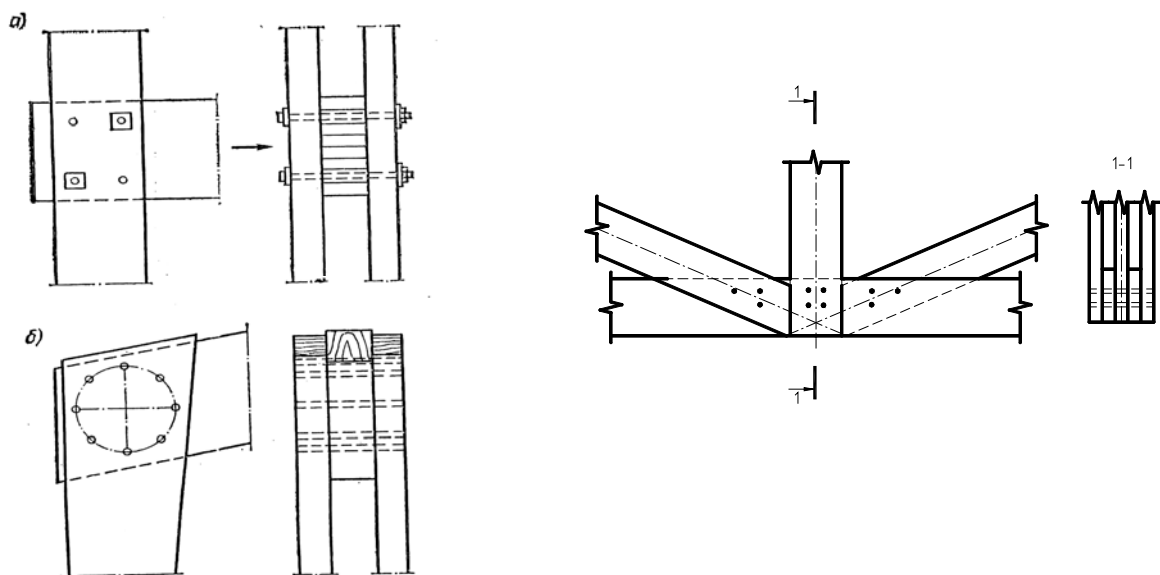


Рис. 14. Узловые соединения на цилиндрических нагелях

*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 нагруженной решеткой при построечном изготовлении, в опалубке и т.д.; не рекомендуется применять в растянутых стыках постоянных сооружений;

– винты (глухары 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).

Сохранить технологические преимущества процессов по изготовлению конструкций, связанные с использованием соединений на нагельных пластинах, и увеличить при этом несущую способность таких конструкций возможно переходом от штампованных пластин к пластинам с цилиндрическими и в том числе гвоздевыми нагельными. Повышение относительной сдвиговой прочности соединений на пластинах с гвоздевыми нагельными достигается при этом за счет уменьшения расстояния между отдельными нагельными (или увеличения их диаметра) в результате ослабления негативного влияния внутренних напряжений посредством одновременного внедрения группы нагелей, длина которых меньше толщины поперечного сечения соединяемых элементов.

При таком распорядке технологических операций достигаются определенные преимущества также и для нагельно-стержневых соединений, что придает указанному приему общий характер.

В зависимости от механических характеристик материала основы и ее формы выделяют следующие классы нагельных пластин: мягкие  $M$  – с основой из низко модульных материалов (древесных, синтетических, цементно-содержащих и т.п. материалов); жесткие  $T$  – из высоко модульных материалов с повышенным расчетным сопротивлением (металлов, конструкционных пластмасс и т.п.); гибкие  $C$  – с основой из проволоки или стержней, изогнутых в плоскости соединения; армированные  $A$  – из синтетических и цементно-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 (рис. 15).

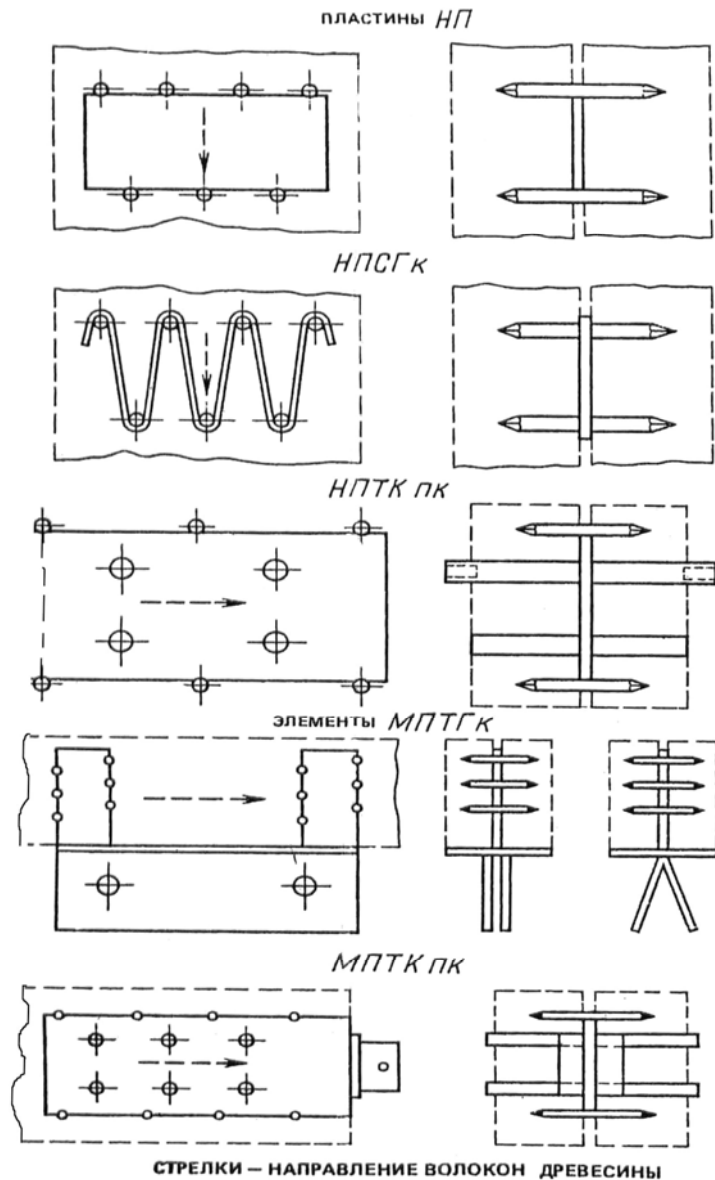


Рис. 15. Типы нагельных пластин и элементов

С точки зрения предполагаемой классификации известные пластины типа Menig с основой из синтетических материалов относятся к классу мягких пластин *M*. Сравнительно низкая жесткость основы ограничивает возможность надежной фиксации нагелей, поэтому в пластинах этого типа применяют нагели малого диаметра и длины.

В зависимости от формы концевой части нагелей различаются пластины следующих типов: гвоздевые Г – с заостренными; нагельные Н – с незаостренными; 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 обуславливается изменением условий их внедрения.

Закрепление нагелей на основе пластин различных классов осуществляется одним из приведенных способов: по плотной посадке «*n*» в отверстия, просверленные или продавленные в материале основы классов *M* и *T*; контактной приваркой «*k*» по боковым граням металлических пластин классов *C* и *A*; электроконденсаторной или дуговой приваркой «*t*» торцов нагелей к пластинам класса *T*; по методу «заливочных масс» «*з*» в пластинах классов *M*, *A*. Объединение нагелей в пластинах класса *0* осуществляется закреплением в съемных фиксаторах.

Пластины маркируют по принципу идентификации вида основы типа нагеля и способа их объединения, так, например, обозначение «*НПТТГк*» указывает на то, что основа изготовлена из жесткого материала – *T*, нагели имеют заострения на концах – *Г*, объединение осуществляется с помощью контактной сварки – *к*.

*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-разборных конструкций.

Особенно эффективны винтовые соединения при усилении конструкций, работающих под нагрузкой. Их применяют также для предотвращения развития усушечных 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 101 МПа, т.е. в два раза ниже, чем для стали. Спиральные стержни широко применяют для армирования каменных конструкций с целью предотвращения развития трещин.

Спиральные стержни в ряде случаев вполне конкурентоспособны винтам. Они легко ввинчиваются в древесину под любым углом к волокнам, при этом нет необходимости в плотных отверстиях. Для ввинчивания используют простые приспособления, основанные на принципе вращения штопора. 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 винчивания почти невидимыми на поверхности соединяемых элементов.

## 2.3 Соединения на клеях

Равнопрочность, монолитность и долговечность клеевых соединений в деревянных конструкциях могут быть достигнуты только применением водостойких конструктивных клеев. Долговечность и надежность клеевого соединения зависят от устойчивости адгезионных связей, вида клея, его качества, технологии склеивания, эксплуатационных условий и поверхностной обработки досок.

Клеевой шов должен обеспечивать прочность соединения, не уступающую прочности древесины на скалывание вдоль волокон и на растяжение поперек волокон. Прочность клеевого шва, соответствующую прочности древесины на растяжение вдоль волокон, пока еще не удается получить, поэтому в растянутых стыках площадь склеиваемых поверхностей приходится увеличивать примерно в 10 раз косой срезкой торца на ус или на зубчатый шип.

Плотность (беспустотность) контакта клеящего вещества со склеиваемыми поверхностями должна создаваться еще в вязкожидкой фазе конструктивного клея, заполняющего все углубления и шероховатости, благодаря способности смачивать склеиваемую поверхность. Чем ровнее и чище отстроганы склеиваемые поверхности, и чем плотнее они прилегают одни к другим, тем полнее монолитность склеивания, тем равномернее и тоньше клеевой шов. Эластичность и вязкость клеевого шва особенно важна при соединении деревянных элементов с металлическими, пластмассовыми, фанерными и другими конструктивными элементами, имеющими температурные, усадочные и упругие характеристики.

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.

Чем суше и тоньше склеиваемые доски, тем меньше опасность образования в них трещин. Если усушечное коробление недосушенных досок произойдет еще до отверждения клеевого шва, но после прекращения давления пресса, то склеивание будет необратимо нарушено, хотя возможно, что этот брак обнаружится лишь позднее, когда трещина раскроется по клеевому шву.

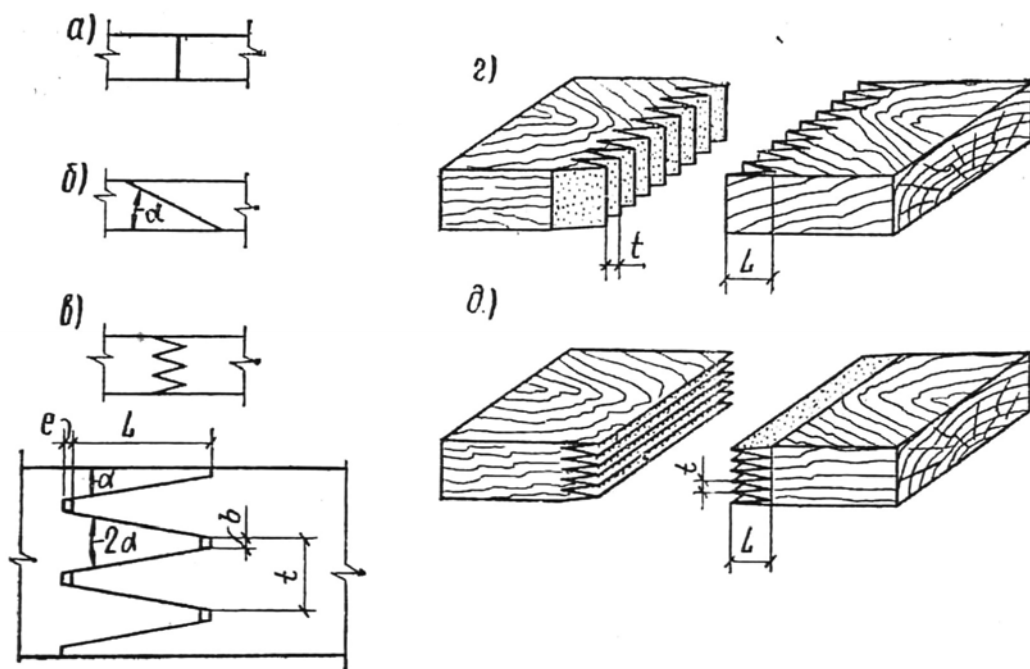


Рис. 16. Виды торцовых клеевых соединений:  
 а – впритык; б – «на ус»; в – зубчатое клеевое соединение; г – вертикальное  
 зубчатое клеевое соединение; д – горизонтальное зубчатое клеевое соединение;  
 $t$  – шаг шипа;  $L$  – длина шипа;  $b$  – затупление;  $l$  – зазор

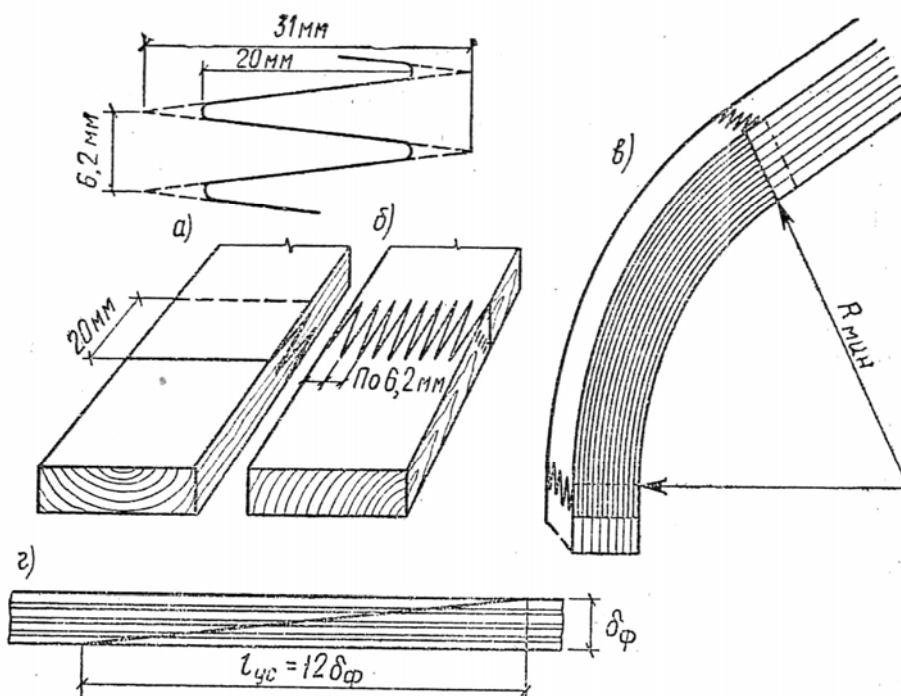


Рис. 17. Нормальное продольное сращивание элементов дощато-клееных ДК  
 на «зубчатый шип» и фанерных элементов «на ус»,  
 осуществляемое в заводских условиях

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.

#### 2.4. Кольцевые разрезные шпонки фирмы "Тухшерер", Бреславль

Кольцевая шпонка выполнена из согнутого в кольцо куска полосовой стали, имеющего на одном конце зуб, который входит в паз, сделанный на другом его конце (рис.18). Можно применять шпонки с концами, обрезанными нормально, на ус, треугольный паз или гребень.

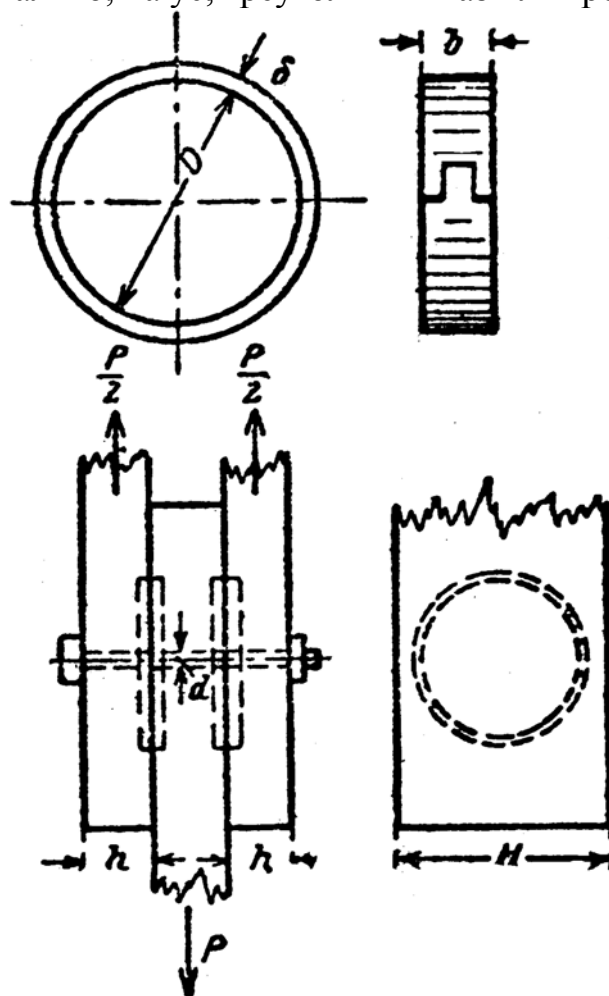


Рис. 18. Кольцевая разрезная шпонка фирмы "Тухшерер"



Во всех соединяемых брусках для вкладывания кольца высверливаются кольцевые желобки по ширине равные толщине полосового железа, а по глубине половине его ширины. Соединение стягивается болтом, проходящим через центр кольца.

Принцип работы соединения на кольцевых шпонках заключается в следующем: если бруска под влиянием действующих усилий стремятся сдвинуться, один относительно другого, то кольцо прижимается к стенкам желобка. При недостаточно точном изготовлении кольца или желобка и при неравномерной упругости дерева кольцо будет до тех пор растягиваться или, наоборот, сжиматься, пока не упрётся одной своей половиной во внешнюю стенку желобка, другой же во внутреннюю (в сердечник), т.е. наличие разрезного кольца позволяет кольцу пружинить. Таким образом, всегда обеспечено распределение передаваемого стержнем усилия поровну между внешней частью бруса, снаружи кольца и его внутренней частью (сердечником). Однако следует отметить, что подобная работа шпонки возможна только лишь при укладке ее в гнездо таким образом, чтобы разрез кольца располагался на диаметре, перпендикулярном направлению сдвига.

При использовании шпонки из цельного кольца возникает много недостатков в работе соединения. Неразрезное кольцо не может ни сжиматься, ни растягиваться. Ввиду этого, если кольцо прижать к сердечнику, а между наружной поверхностью кольца и внешней стенкой желобка образовать зазор, то все стержневое усилие передалось бы исключительно на сердечник. Если же кольцо отошло от сердечника и стало бы давить на внешнюю стенку желобка, то все усилие в стержне пришлось воспринять только той части бруса, которая лежит вне кольца. Следовательно, при глухом кольце для сохранения той же степени надежности придется взять вдвое большую площадь стенок желобка и плоскость скалывания наружной части бруса, чем при кольце с разрезом.

Кольцевые шпонки применимы при любых пролетах и способны воспринять большие усилия; они изготавливаются различных диаметров: от 8 до 30 см с интервалом 2 см. Сортамент и несущая способность гладких кольцевых разрезных шпонок, применяемых в зарубежном строительстве, приведены в табл. 1 [17].

Соединение на гладких кольцевых шпонках с разрезом отличается малой металлоёмкостью и сравнительной простотой изготовления. В то же время, они не лишены таких недостатков, как повышенная начальная деформативность (ввиду пластичности), затруднительность установок шпонок и контроля за степенью поражения их коррозией.

Таблица 1

Сортамент разрезных шпонок, применяемых в зарубежном строительстве

D, см	b, см	δ, см	Диаметр болта d, см	P в кН для σ <sub>см</sub> =8 и τ=1 МПа	Край- ние брусья	D+2δ	Ослабление по- перечного сечения			Полное сечение 2·h·H	Рабо- чее сече- ние F <sub>N</sub>
							коль- цом F <sub>R</sub>	болтом			
								2h-b	F <sub>S</sub>		
8,0	1,6	0,35	0,5	20,11	2·2,5/9	8,7	13,9	3,4	1,7	45	29,4
10,0	2,0	0,4	1,6	31,42	2·4/12	10,8	21,6	6,0	9,6	96	64,8
12,0	2,6	0,5	1,6	45,24	2·4/14	13,0	33,8	5,4	8,64	112	69,6
14,0	2,9	0,65	1,6	61,58	2·4/16	15,3	44,4	5,1	8,2	128	75,4
16,0	3,2	0,65	1,6	80,42	2·4/19	17,3	55,4	4,8	7,7	152	88,9
18,0	3,6	0,8	2,0	101,79	2·5/20	19,6	70,6	6,4	12,8	200	116,6
20,0	4,0	0,8	2,0	125,66	2·5/23	21,6	86,4	6,0	12,0	230	113,6
22,0	4,5	0,8	2,0	152,05	2·5/25	23,6	106,2	5,5	11,0	250	132,8
24,0	5,0	1,0	2,0	180,96	2·6/27	26,0	130,0	7,0	14,0	324	180,0
26,0	5,2	1,0	2,3	212,37	2·6/29	28,0	145,6	6,8	15,6	348	186,8
28,0	5,5	1,2	2,3	246,30	2·7/30	30,4	167,2	8,5	10,6	420	232,2
30,0	6,0	1,2	2,3	282,74	2·8/30	32,4	194,4	10	23,0	480	262,6

Примечание. Данное в табл. 1 ослабление поперечного сечения парой колец относится только к одному из двух соединяемых элементов фермы.

Значения P вычислены по формулам  $P=2 \cdot D \cdot b \cdot \sigma_{см}$  и  $P=\pi \cdot D^2 \cdot \tau$ , причем из двух полученных величин берется меньшая.

## 2.5. Кольцевые шпонки с лопастями фирмы "Дегалль"

Такая шпонка представляет собой металлическое кольцо, снабжённое двумя или четырьмя стальными пластинами (рис. 19) [17, 18].

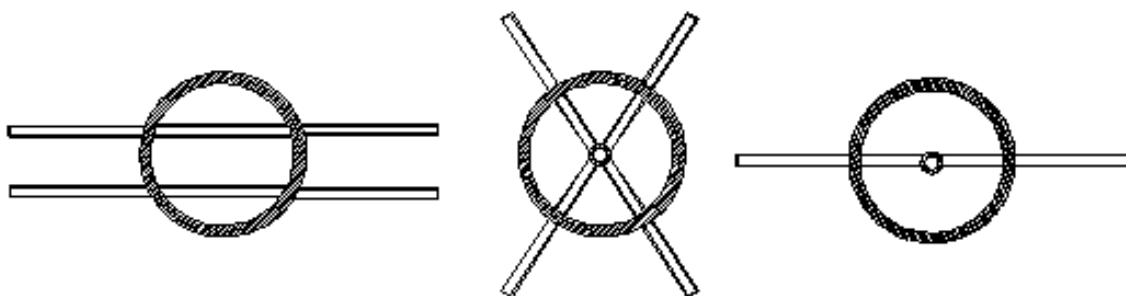


Рис. 19. Кольцевые шпонки с лопастями фирмы "Дегалль"

В соответствии с величиной расчётного усилия применяют шпонки с одной или несколькими лопастями. При соединении элементов, примыкающих друг к другу под углом, используют шпонки с крестообразно

расположенными лопастями. Эти лопасти представляют собой куски полосовой стали с длиной, равной, примерно, тройному диаметру кольца, проходящие через специальные прорезы в его стенке, что существенно уменьшает смятие поперёк волокон. Испытания показали, что кольцевые шпонки, снабжённые двойными лопастями из полосовой стали, разрушаются при нагрузке, значительно превышающей соответствующую нагрузку на шпонки с одиночными лопастями (примерно на 50%).

## 2.6. Тавровые кольцевые шпонки фирмы "Кристоф и Унмак"

Шпонки системы "Кристоф и Унмак" представляют собой чугунные кольца таврового сечения (Рис. 20).

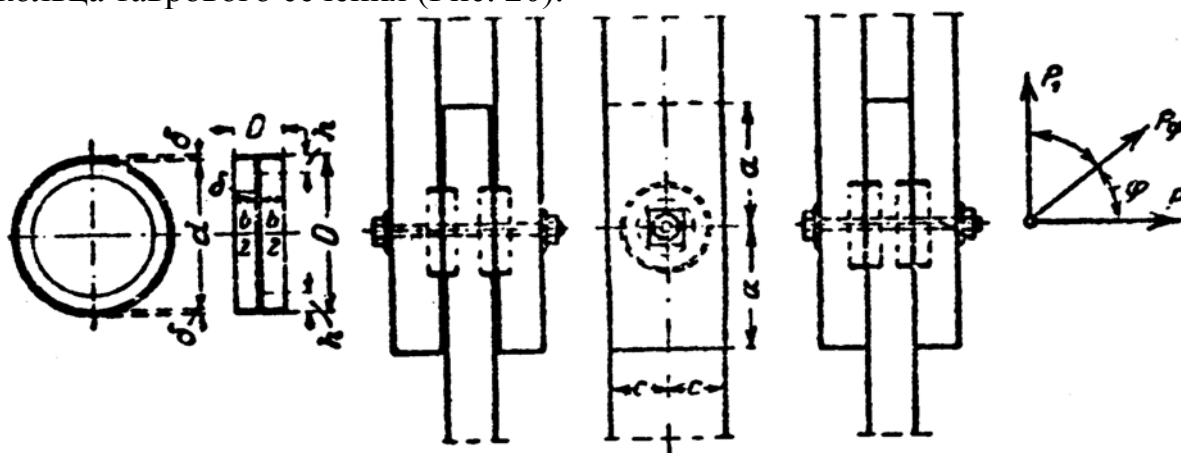


Рис. 20. Тавровая кольцевая шпонка фирмы "Кристоф и Унмак"

Вертикальная стенка тавра входит в зазор между двумя соединяемыми брусками; горизонтальная же полка – в кольцевые желобки, которые выбираются машинным способом. Вертикальная стенка имеет двойное значение: она должна увеличить жёсткость кольца, а также препятствовать его перекашиванию.

Основные параметры и величины допускаемых нагрузок для тавровых кольцевых шпонок приведены в табл. 2 [17].

Таблица 2

Параметры и допускаемые нагрузки для тавровых шпонок.

Нар. диам $D$ , мм	Внутр. диам. $d$ , мм	Ширина		Высот а ребра $h$ , мм	Толщи на стенки $\delta$ , мм	Вес шпонок и, кг	Ослабл. попер. сечения , см <sup>2</sup>	Допускаемая нагрузка на одну шпонку	
		$B$ , мм	$b$ , мм					$P$ , кН	$P_l$ , кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	70	25	20	15	5	0.3	7.0	16	6,25
100	90	30	25	15	5	0.48	9.4	20,25	9,57
120	110	35	30	15	5	0.69	12	25,35	13,61
140	129	40	34.5	15.5	5.5	0.92	15.5	31,30	18,63
160	148	45	39	15.5	6	1.32	19.5	38,10	23,40
180	168	50	44	16	6	1.65	23.1	45,75	29,50
200	186	55	48	16	7	2.23	28.9	54,25	35,90
225	211	60	53	20	7	2.86	33.5	64,85	44,37
250	234	65	57	20	8	3.84	41.0	76,55	53,23
275	259	70	62	21	8	4.61	46.1	89,30	63,38
300	280	75	65	21	10	6.4	58	103,10	73,37
325	305	80	70	25	10	7.6	64	118	85,18

Продолжение табл. 2

Натяжение болта		Диам. болта, мм	Напряжение болта, МПа	Размеры подкладных шайб, мм	Наим. расстояние	
$K$ , кН	$K_l$ , кН				$a$ , мм	$c$ , мм
11	12	13	14	15	16	17
3,18	1,24	10	72,1	45/ 45/ 5	120	52
3,86	1,82	10	87,6	50/ 50/ 6	150	65
4,70	2,52	10	106,5	55/ 55/ 6	180	78
5,68	3,38	13	72,5	60/ 60/ 7	210	91
6,82	4,19	13	87,1	60/ 60/ 7	245	105
8,10	5,21	13	103,6	65/ 65/ 8	275	118
9,48	6,28	16	72,4	70/ 70/ 8	310	131
11,00	7,54	16	84,0	75/ 75/ 9	330	146
12,62	8,80	16	96,4	80/ 80/ 9	400	165
14,55	10,20	16	111	85/ 85/ 10	440	182
16,36	11,65	20	83,2	90/90/11	495	200
18,50	13,35	20	94,3	100/100/11	540	217

Усилие передаётся как внешней, так и внутренней цилиндрическими поверхностями кольца, а потому сердечник и внешняя часть бруса работают на скалывание одинаково.

Допускаемое усилие  $P$ , кН, определяется по формуле

$$P = \frac{B \cdot D}{2} \cdot 0,85 + 7,5 \text{ — при действии нагрузки вдоль стержня;}$$

$$P_\phi = P(1 - \sin \phi) + P_l \sin \phi \text{ при действии усилия под некоторым углом } \phi.$$

## 2.7 Пружинящие дисковые шпонки инженера Шульца.

Шпонка состоит из двух связанных друг с другом фасонных дисков, выштампованных из стали таким образом, что они стремятся друг от друга оттолкнуться, т.е. пружинят, а потому ещё до натяжения болтов вдавливаются в кольцевые желобки, выбранные в обоих соединяемых брусках. Вид шпонки показан на рис.21.

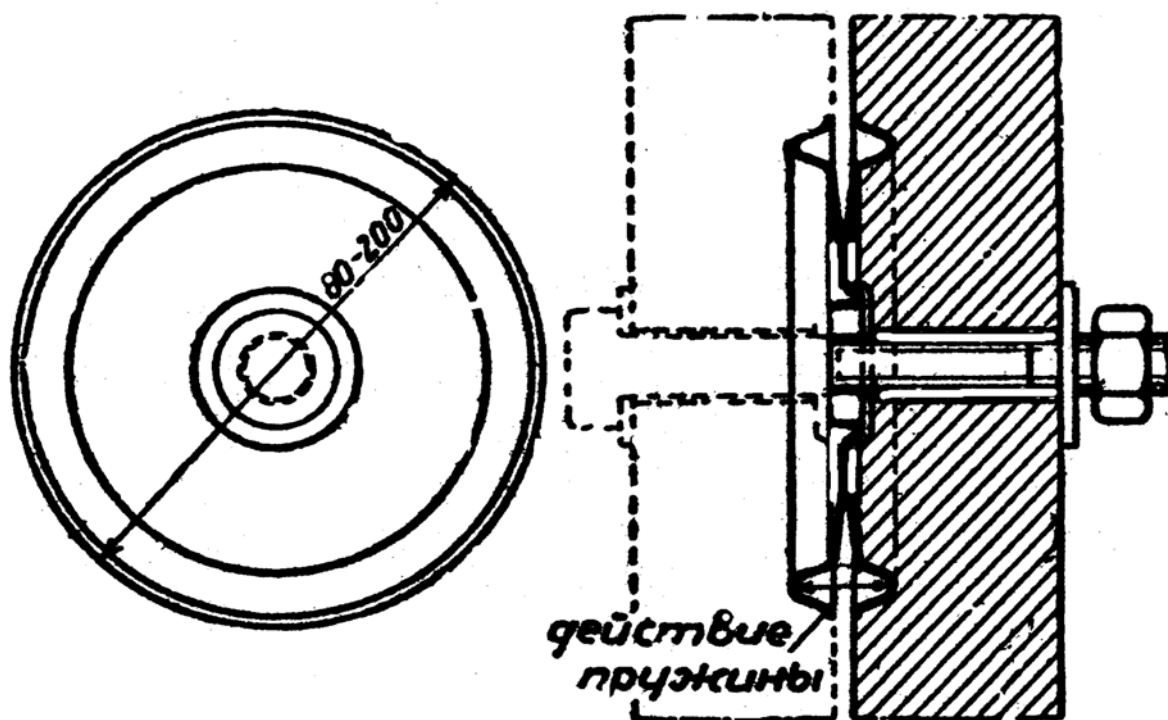


Рис. 21. Пружинящая дисковая шпонка Шульца (до натяжения болта)

После натяжения болтов соединение не ослабевает и в случае усушки дерева в направлении болта. Загнутые края дисков также пружинят, вследствие чего, ещё до натяжения болта, они уже плотно прижимаются как к внутренней, так и наружной стенкам желобка; при натяжении болта до полного сближения брусков края шпонок сильно сдавливаются и поэтому, даже в случае усушки древесины, они продолжают сохранять плотное соприкосновение как с внешней частью бруса, так и с сердечником. Даже в том случае, когда желобки вырезаны неточно, эти загнутые края дисков всё же плотно сидят в своих желобках. Практические испытания соединений  $d=160$  мм дали величину разрушающей нагрузки в 164 кН.

## 2.8. Когтевые шайбы фирмы "Метцке и Грейм"

Когтевые шайбы представляют собой парные круглые диски из ковкого чугуна, обсаженные по контуру с одной стороны зубьями – когтями (рис.22).

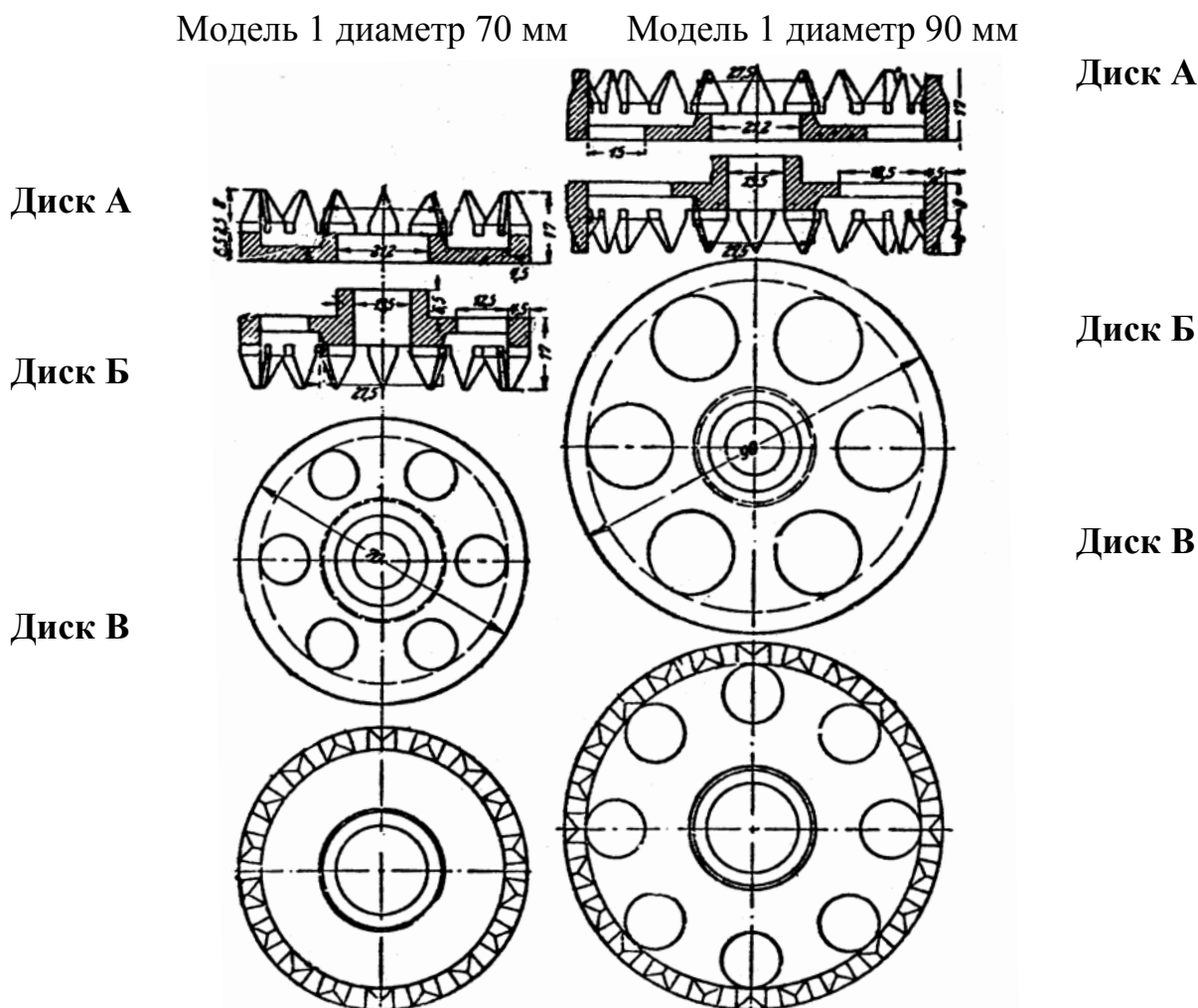


Рис. 22. Когтевые шайбы фирмы Метцке и Грейм

Эти шайбы изготавливаются разных размеров. Один из дисков снабжён втулкой, которая входит в соответствующее отверстие в другом диске. Сторона, на которой расположены когти шайбы, целиком вбиваются в соединяемые брусья так, что усилие передаётся с одного бруса на другой через указанные втулки. Всё соединение стягивается болтом, проходящим через отверстия в брусьях и в центрах шайб. Однако соединения на подобных шайбах отличаются повышенной сложностью и поэтому в современных деревянных конструкциях они не получили широкого применения, несмотря на сравнительно высокую несущую способность.

## 2.9. Стальные призматические шпонки со стальными накладками

Стальные призматические шпонки – это устаревший тип соединения, трудоемкий и требующий весьма тщательного производства работ; к применению не рекомендуется СНиП. Применялся в растянутых стыках (рис. 23).

Допускаемое усилие в соединениях на стальных призматических шпонках находят по формулам [16]. Если с одной стороны стыка вдоль одной накладки поставлено 3 шпонки, то допускаемую нагрузку снижают на 10%, а при 4 шпонках – на 20%, большее число шпонок не допускается.

Болты располагают непосредственно у нерабочих граней шпонок. Наименьшая толщина накладок – 6 мм. Прочность накладок должна быть проверена по ослабленному сечению. Крепление шпонок к накладкам выполняют заклепками (с одной стороны впотай) или сваркой.

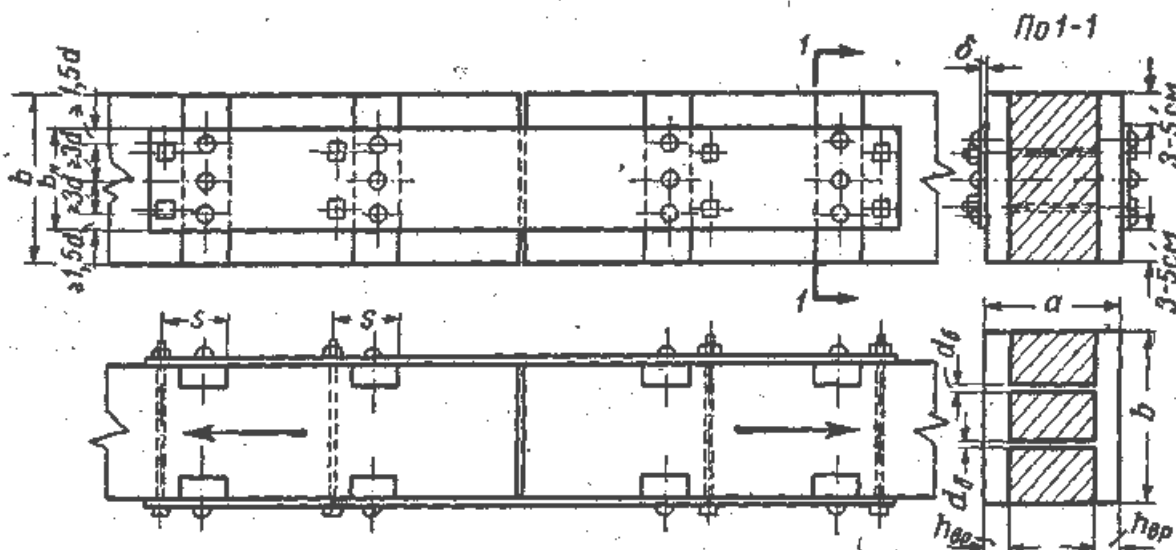


Рис. 23. Стык растянутого элемента на стальных призматических шпонках

## 2.10. Соединения на Т-образных шпонках

Т-образные шпонки вводятся (рис. 24) в соответствующие пазы соединяемых деревянных элементов [18]. Их несущая способность зависит от глубины врезки, длины шпонки и расстояния между шпонками, в результате чего особое значение имеет соотношение глубины врезки к

длине шпонки. Возникающие из-за поворота шпонок дополнительные поперечные силы (распор) должны восприниматься стяжными болтами.

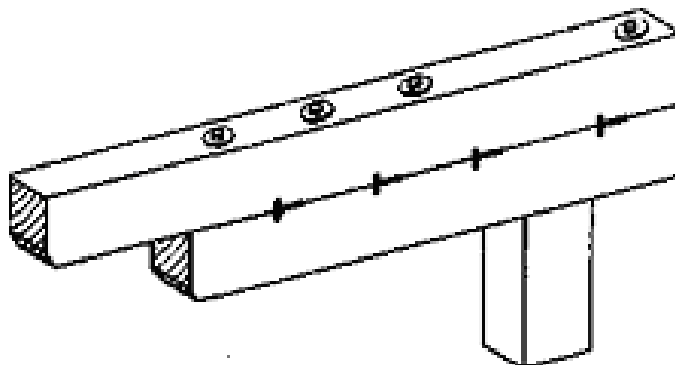


Рис. 24. Т-образная стальная шпонка со стяжными болтами.  
Пример: консольный прогон, соединенный шпонками с подбалкой

Из-за высокой трудоемкости создания пазов в балках призматические стальные Т-образные шпонки применяются редко.

## 2.11. Соединение на гладких кольцевых шпонках

Соединения на гладких кольцевых шпонках применялись в основном в узлах и стыках стержневых конструкций, в настоящее время эти соединения имеют незначительное применение. Кольцевые шпонки изготавливались разрезными из полосовой стали прямоугольного сечения (рис. 25). Гнезда для гладких кольцевых шпонок высверливаются в древесине при помощи специальных механизированных приспособлений.

Разрезная гладкая кольцевая шпонка вызывает смятие и скалывание как сердечника, так и периферийной части гнезда. Это обеспечивается наличием в шпонке разреза, позволяющего ей несколько деформироваться и приспособиться к гнезду. Разрез шпонки располагается на диаметре, нормальном к направлению усилия, передаваемого шпонкой. Разрез может быть прямым, что упрощает изготовление шпонок. Величина зазора в разрезе принимается обычно равной 0,1 диаметра шпонки  $d_{ш}$  (см. рис. 25).

Соединения на кольцевых шпонках характеризуются значительной жесткостью работы в направлении вдоль волокон элементов и хрупким видом разрушения от скалывания. Это обуславливает повышенные требования к точности изготовления соединений, к качеству и влажности древесины. Недостаточно точное выполнение соединений, пониженное качество и повышенная влажность древесины были неоднократно причиной разрушения конструкций на гладких кольцевых шпонках. Разрушения происходили в основном в стыках нижних поясов, а в



соединениях растянутых элементов – от скалывания, часто в сочетании с разрывом.

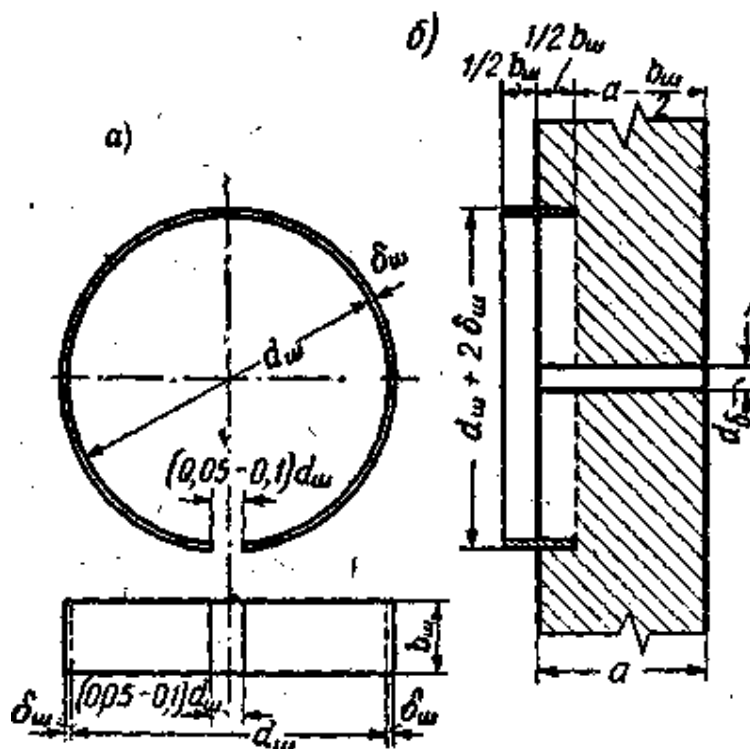


Рис. 25. Гладкая кольцевая шпонка:  
а – общий вид; б – шпонка, поставленная в доску

В качестве основной предпосылки расчета соединений на разрезных кольцевых шпонках можно принять, что напряжения смятия сердечника и периферийной части гнезда одинаковы как по величине, так и по характеру распределения (Рис. 26, б). Усилие  $T$ , передаваемое шпонкой, делится при этом поровну между сердечником и периферийной частью гнезда. Решающим является сопротивление скалыванию сердечника, размеры которого ограничены размером шпонки. Расстояния между шпонками и длина конца элемента назначаются из условия равной прочности с сердечником.

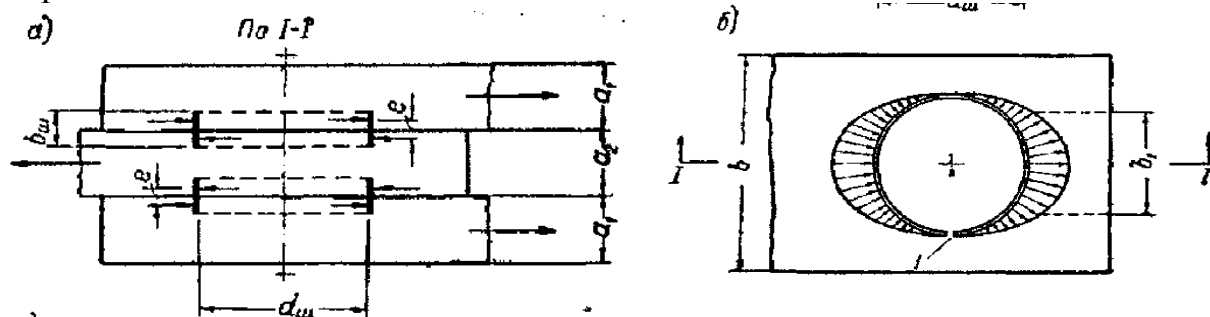


Рис. 26. Схема работы соединения на разрезных гладких кольцевых шпонках:  
а – продольный разрез соединения; б – план; 1 – разрез в кольце

Кроме учета ослаблений от врезок для постановки шпонок необходимо учитывать ослабление отверстием для болта на участках вне врезок для шпонок.

Расстояние от центра крайнего кольца до торца доски должно быть не менее  $1,5 d_{ш}$  в растянутых элементах и не менее  $d_{ш}$  – в сжатых. Расстояние между центрами соседних шпонок вдоль волокон должно быть не менее двух диаметров шпонки (рис. 27).

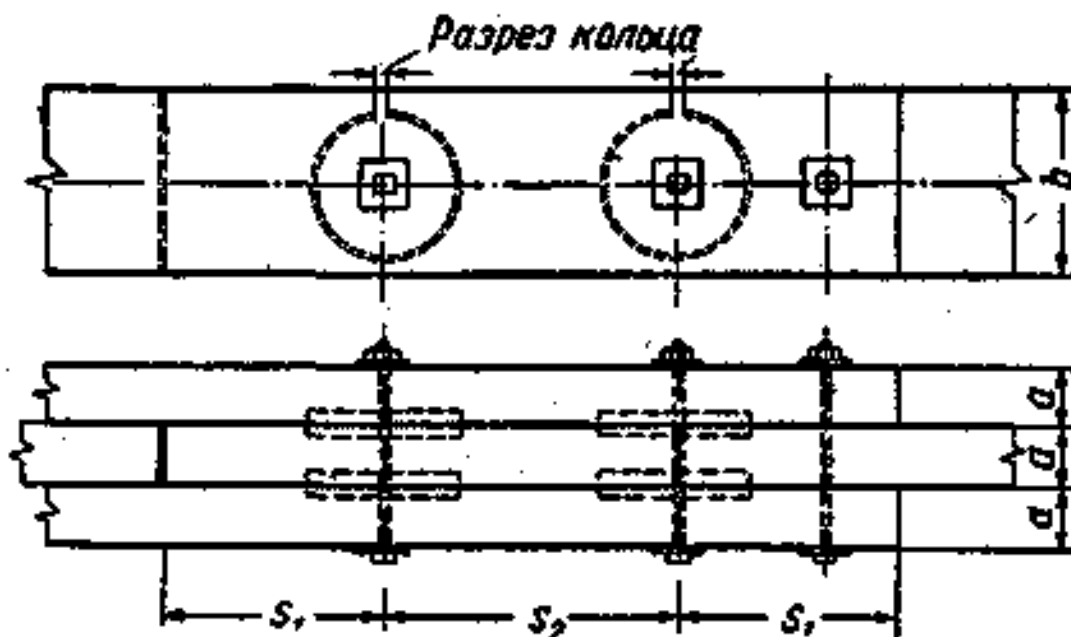


Рис. 27. Растянутый двустопный стык на кольцевых шпонках

Кольцевые шпонки применялись в узлах и стыках сквозных конструкций с сильно нагруженными стержнями решетки. Сортамент отечественных гладко-кольцевых шпонок по Н и ТУ-2-47 [46] приводится в п.1.3.1 (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Сортамент кольцевых шпонок

внутренний диам. $d_{ш}$ , см	Кольцо					Диаметр болта $d_b$ , см	Шайба		Наименьшие размеры досок, см	
	ширина $b_{ш}$ , см	толщина $\delta_{ш}$ , см	длина поло-сы стали, см	вес коль-ца, Н	площадь ослабления врезками и отверстием для болта, см <sup>2</sup>		сто-рона квад-рата, см	тол-щина, см	тол-щина	шири-на
18	3,5	0,4	56,8	6,1	33	1,6	6	0,4	7	22
16	3,0	0,35	50,5	4,1	25	1,6	6	0,4	6	20
14	2,5	0,3	44,2	2,4	18	1,6	6	0,4	6	18
12	2,5	0,3	38,0	2	16	1,6	6	0,4	6	16
10	2,0	0,3	31,7	1,5	11	1,2	5	0,4	6	14

При поверочном расчете существующих конструкций допускаемые усилия на гладкие кольцевые шпонки могут быть определены по табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Допускаемые усилия [ $T_{к\_ш}$ ] на кольцевые шпонки в соединениях из сосны и ели при расчете по методу допускаемых напряжений

Диаметр кольца $d_{ш}$ , см	Толщина элемента, см		Допускаемое усилие в кН на одну кольцевую шпонку в сжатых и растянутых элементах при угле между направлениями усилия и волокон					Для растянутых элементов более
	среднего $c$	крайнего $a$	0°	20°	40°	60°	90°	
18	7	--	46,5	41,5	32,5	23	18,5	28,5
	8	--	50	45	35	25	20	31,5
	10	--	50	45	35	25	20	36,5
	12	7	50	45	35	25	20	40,5
	15 и более	8 и более	50	45	35	25	20	46,5
16	6	--	36	32	25	18	14,5	21,5
	8	--	38,5	34,5	27	19	15,5	27
	10	--	38,5	34,5	27	19	15,5	31
	12	6	38,5	34,5	27	19	15,5	34,5
	15 и более	8 и более	38,5	34,5	27	19	15,5	38,5
14	6	--	28	25	19,5	14	11	18,5
	8	--	28	25	19,5	14	11	22,5
	10	--	28	25	19,5	14	11	25,5
	12 и более	6 и более	28	25	19,5	14	11	28
	12	6	--	24	21,5	17	12	9,5
8		--	24	21,5	17	12	9,5	18
10		--	24	21,5	17	12	9,5	20,5
12 и более		6 и более	24	21,5	17	12	9,5	22,5
10		6	--	16	14,5	11	8	6,5
	8	--	16	14,5	11	8	6,5	14
	10 и более	6 и более	16	14,5	11	8	6,5	16

## 2.12. Шпонки и шайбы особых типов

Наибольшее применение в отечественной практике строительства деревянных конструкций получили кольцевые, тарельчатые, зубчато-когтевые, когтевые шайбы и др. Общий вид шпонок и шайб показан на рисунке 28, основные характеристики приведены в табл. 5 [16].

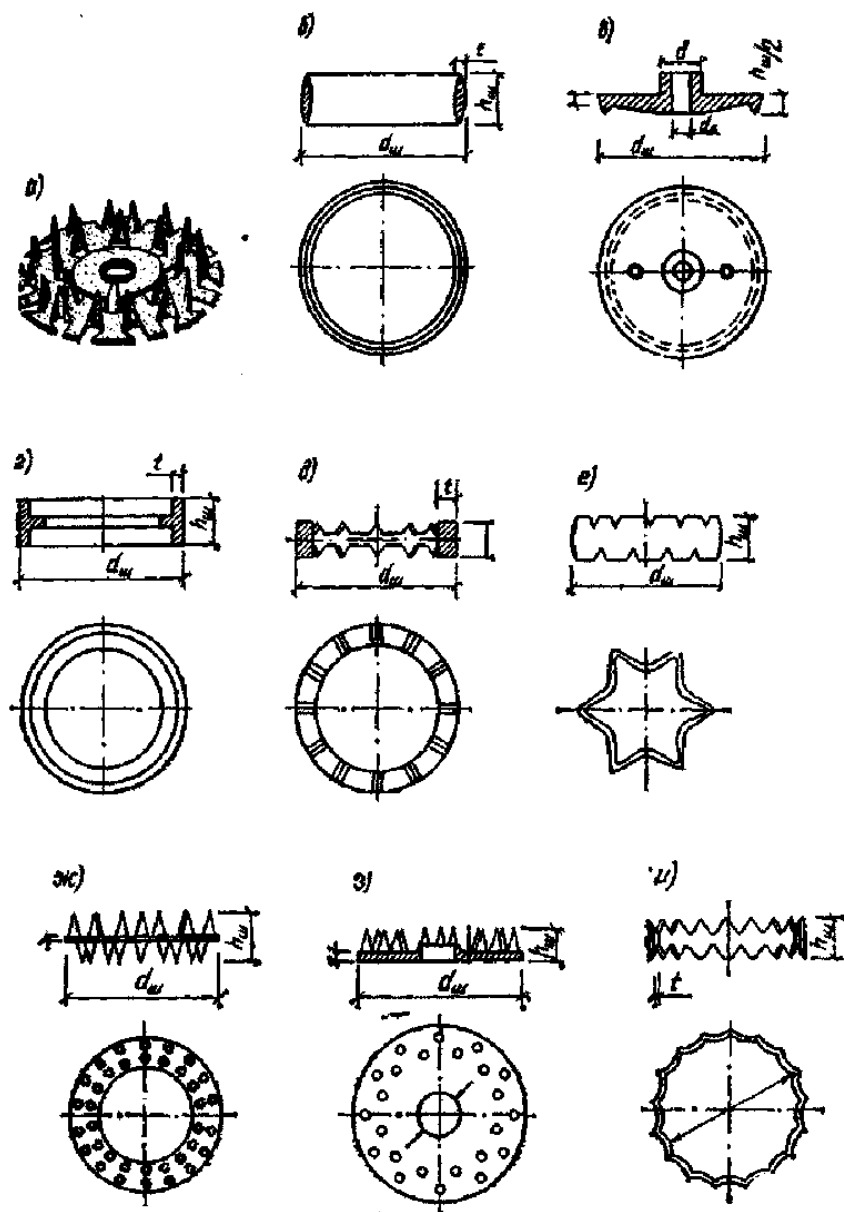


Рис. 28. Виды кольцевых и зубчатых шпонок и шайб, применяемых в отечественном строительстве:

а – когтевая Леннова; б – двусторонняя кольцевая типа Апель; в – то же, односторонняя; г – тарельчатая типа Христон; д – когтевая системы Фрис и Нельсона; е – двусторонняя зубчато-кольцевая Котова; ж – двусторонняя типа Гека; з – то же, односторонняя; и – двусторонняя кольцевая типа Аллигатор

Т а б л и ц а 5

Основные технические характеристики шайб шпоночного типа

Тип шайб (шпонок)	Размер шайб, мм			Площадь ослабления, мм <sup>2</sup>	Диаметр болта, мм	Наименьшие размеры се- чений соеди- няемых эле- ментов, см	Наименьшее расстояние между шайбами по осям, см	Несущая способность шайбы, кН
	диаметр $d$	высота $h_{ш}$	толщина $t$					
Когтевая Леннова	80	15,3	2	8	20	5x10	16	9,6
	100	18,7	2	12	20	6x13	20	15
	120	22	2	18	24	7,5x15	24	21,6
	150	27	2,5	28	24	9x18	30	33,8
Двусторонняя и односторон- няя системы «Апель»	65	30	5	7,8	12	4x10	14	11,5
	80	30	6	10,1	12	5x11	18	14
	95	30	6	12,3	12	6x12	22	17
	126	30	6	17	12	6x16	25	20
	128	45	8	25,9	12	6x20	30	28
Тарельчатые системы «Христана и Умнака»	60	20	4,5	4,7	12	4x10	16	12,5
	80	25	5	8,4	12	5x11	21	16
	100	30	5	13,1	12	6x13	24	20
	120	35	5	18,8	12	6x16	27	23
Двусторонняя зубчато-коль- цевая системы «Фрис и Нильсона»	90	30	6,5	9,7	12	6x14	20	14,5
	130	40	8	19,8	12	8x20	25	22
	155	45	10	27,6	16	10x20	32	31,5
Двусторонняя системы Котова	120	30	3	18	20	6x15	24	18
	140	30	3	21	22	6x18	28	21
	160	30	3	24	27	6x20	32	24
	180	30	3	27	27	7,5x22	36	27
	200	30	3	30	30	7,5x24	40	30
	220	30	3	33	30	8x25	44	33
Двусторонняя системы «Гека»	50	27	3	2,8	12	4x10	12	8
	65	27	3	3,6	16	4x11	14	11,5
	80	27	3	4,6	20	5x13	17	17
	95	27	3	5,6	24	6x14	20	21
	115	27	3	7	32	6x17	23	27
Односторонняя системы «Гека»	50	4,4	3,4	3	12	4x10	12	8
	65	4,5	4,5	3	16	4x11	14	11,5
	80	5,5	5,5	3	20	5x13	17	17
	95	6,9	6,9	3	22	6x14	20	21
	115	8,6	8,6	3	24	6x17	23	27
Двусторонняя системы «Аллигатор»	55	19	1,45	2	12	4x10	12	6
	70	19	1,45	2,6	16	5x12	14	8
	95	24	1,5	4,5	20	6x14	17	12
	115	24	1,5	5,6	22	8x18	20	16
	125	29	1,65	7,3	24	8x19	23	18

## 2.13. Соединения на шайбах шпоночного типа

Шайбой в деревянных конструкциях называют стальную пластинку, передающую деревянному элементу усилия, сосредоточенно воспринимаемые ею от стального болта, тяжа, хомута и т.п., подобно шайбе, подкладываемой под головку и гайку болта в целях рассредоточения сминающих напряжений.

Шайбы бывают с креплением шпоночного типа, нагельного типа и клеестальные в зависимости от того, как работает основная связь между шайбой и древесиной: преимущественно на сжатие (с распором), на изгиб (без распора) или на сдвиг в клеевом соединении.

Из предлагаемых до настоящего времени центровых шайб наиболее технологичными и надежными для сборных узловых соединений в сквозных д.к. при знакопеременной работе решетки являются штампованные когтевые шайбы В.Г. Леннова [16]. На рис. 29,а приведен рекомендуемый сортамент таких шайб, разработанный Военно-инженерной академией (ВИА). Проведенные в ВИА испытания соединений на шайбах № 12 позволили в первом приближении установить их несущую способность. Испытания выявили практически одинаковую несущую способность когтевой шайбы в соединениях вдоль и поперек волокон сосновой древесины вследствие «дробности» приложения сминающих усилий.

Исследование показало, что для надежного защемления когтя в древесине угол заострения его в вершине должен быть менее  $45^\circ$ , а само вдавливание когтевой шайбы должно производиться ударным способом. Забивка когтевых шайб способствует (как и в гвоздевых соединениях) плотному обжатию когтей волокнами древесины без образования надрывов («каверн») в гнезде и не требует прессового оборудования. В простейшей копровой установке направляющая стальная штанга обеспечивает совмещение осей болтового отверстия, заранее просверленного в бруске, болтового отверстия в шайбе и направляющего отверстия вдоль оси копровой бабы. Для стального монтажного наконечника (Рис. 29, г) фрезеруется гнездо глубиной 3–5 мм. Врезки донца самой шайбы, штампуемой из тонкой листовой стали, не требуется; остающийся между деревянными элементами просвет облегчает производственный контроль и способствует осушающему проветриванию древесины.

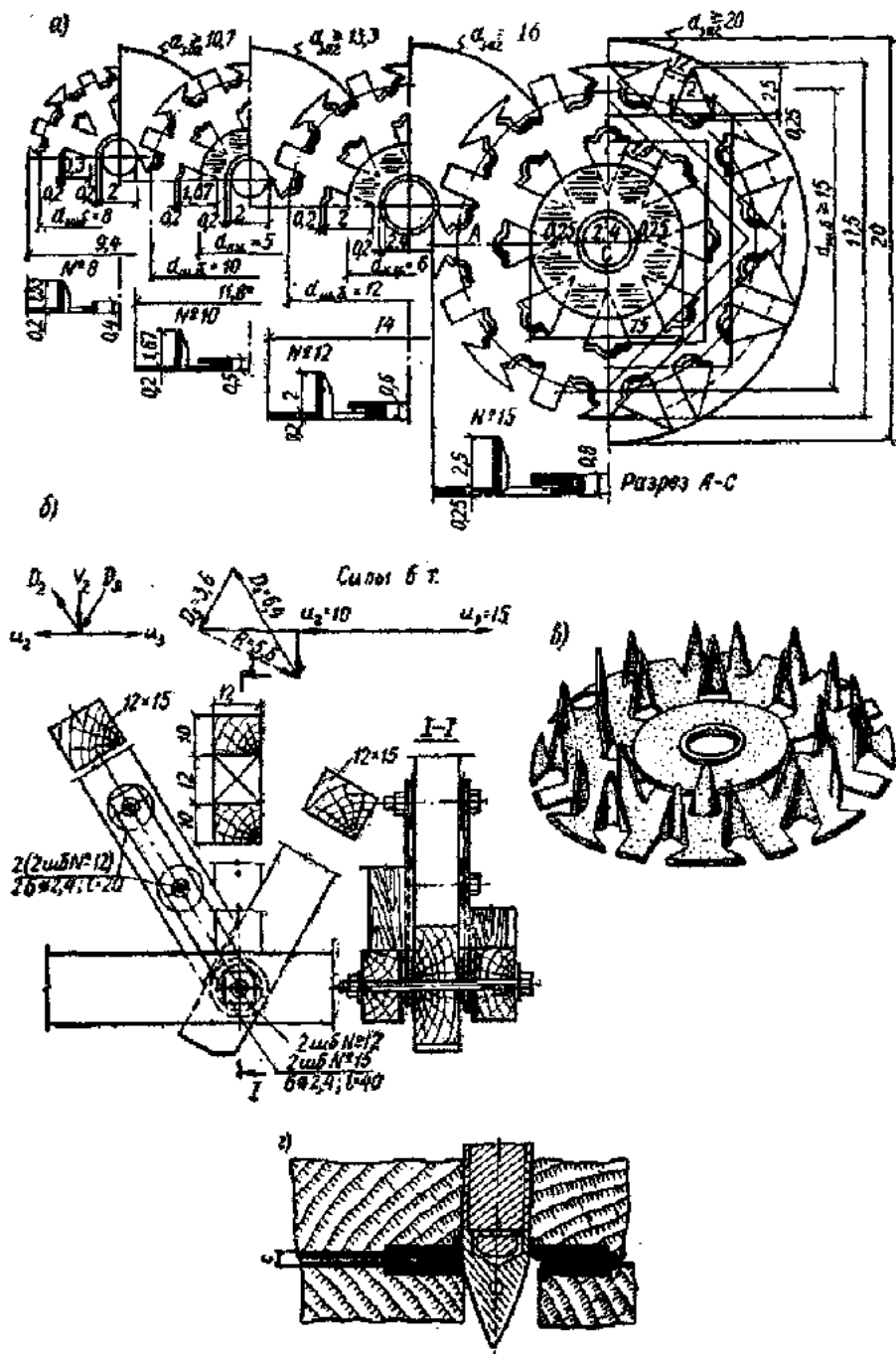


Рис. 29. Штампованная когтевая шайба Леннова:  
 а – ориентировочный сортамент; б – пример решения узла на когтевой шайбе;  
 в – образец когтевой шайбы, усовершенствованный и испытанный в ВИА;  
 г – стальной монтажный наконечник,  
 позволяющий собирать узлы на рабочих болтах

Производство когтевых шайб во много раз технологичнее и дешевле изготовления зубчато-кольцевых шпонок; в частности, оно не требует заточки режущей кромки. Вдавливание когтевых шайб в деревянные элементы следует производить на деревообрабатывающем

предприятию. Там же можно выполнять укрупнительную сборку всех составных стержней, поскольку при сборке фермы на строительной площадке не требуется раздвижки элементов. При постановке узловых и стыковых болтов рекомендуется применять съемные направляющие наконечники (см. рис. 29, г) для защиты от повреждения резьбы рабочих болтов.

Применение когтевых шайб целесообразно, главным образом, в сборно-разборных фермах покрытий и других сквозных деревянных конструкциях, в которых необходимо крепление раскосов на знакопеременные усилия. На рис. 30 показан пример конструирования на когтевых шайбах одного из узлов пятиугольной фермы в сопоставлении с устаревшим решением того же узла на гладкокольцевых шпонках.

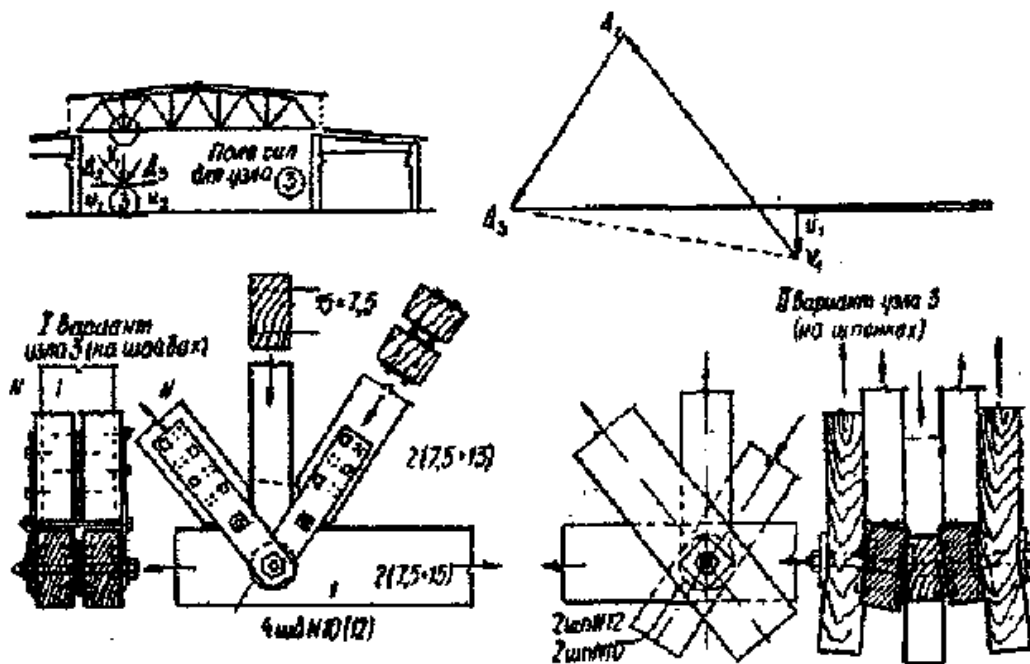


Рис. 30. Сопоставление эффективного сборно-разборного узлового соединения на когтевых шайбах (I) с устаревшим решением на кольцевых шпонках (II)

По конструктивным показателям когтевая шайба не уступает зубчато-кольцевой шпонке, а по всем производственным показателям значительно превосходит ее.



## 2.14. Клеестальные шайбы

Для сборно-разборных элементов деревянных конструкций удобным средством соединения являются клеестальные шайбы [14], представляющие собой стальную пластинку с отверстием для болта. Пластика приклеивается к деревянным элементам водостойкими клеями серии БФ [53] или эпоксидными серии ЭД.

Передача усилий от одного элемента на другой происходит в следующем порядке: древесина, клеевой шов, металлическая пластинка (клеестальная шайба), болт, металлическая накладка (и далее в обратном порядке на древесину другого соединяемого элемента, рис. 40).

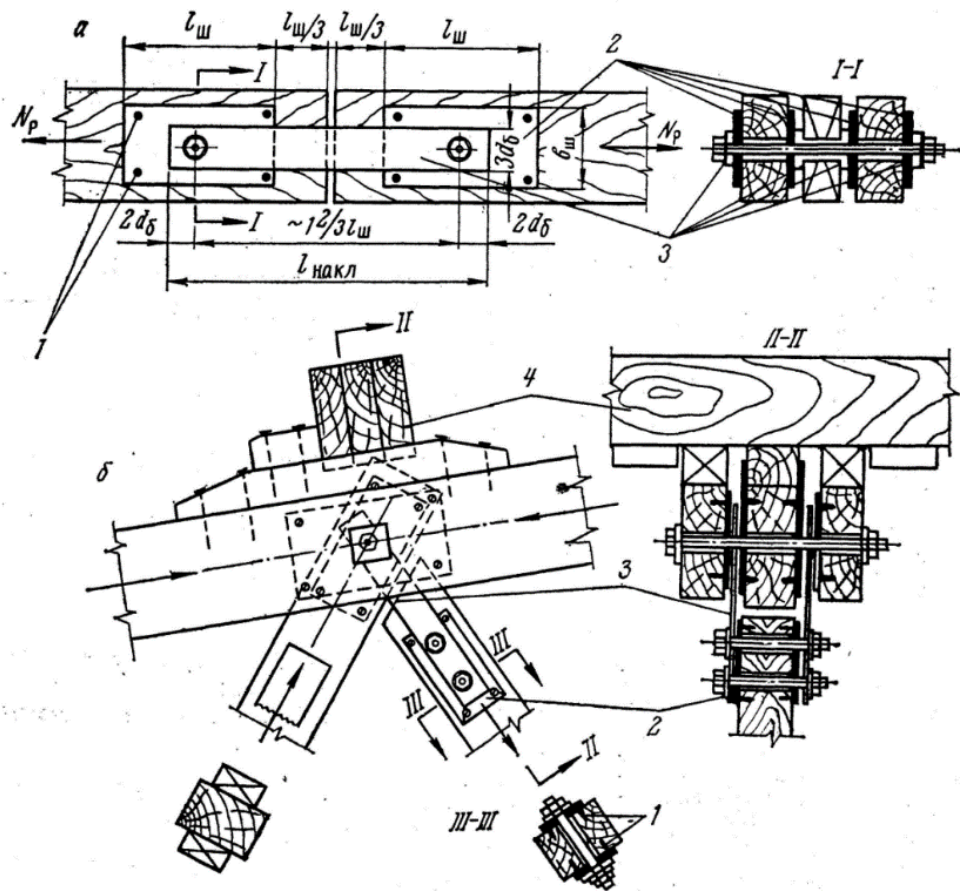


Рис. 40 Соединение на клеестальных шайбах:  
 а) растянутый стык; б) узел дощатой фермы; 1 – шурупы для погашения отрывающих усилий; 2 – клеестальные шайбы; 3 – стальные накладки; 4 – прогон.

Сосредоточенное усилие от болта при помощи клеестальной шайбы передается деревянному элементу на площадь, равную площади приклеенной пластинки. Тем самым достигается равномерное распределение напряжений в деревянном элементе на большую площадь и повышение несущей способности соединения.

## 2.15. Усовершенствованные соединения деревянных конструкций на гладких кольцевых шпонках и клеестальных шайбах

Исходя из анализа работы и изготовления соединений на различных видах шпонок, для дальнейшего совершенствования взяты гладко-кольцевые шпонки, отличающиеся сравнительной простотой формы, легкостью изготовления, доступностью и относительно высокой несущей способностью. При этом целью исследовательской работы предусматривалось свести к минимуму имеющиеся недостатки соединений на гладко-кольцевых шпонках, сохраняя, а в лучшем случае увеличивая, прочностные качества всего соединения.

К существенным недостаткам шпоночных соединений, как уже отмечалось выше, следует отнести: повышенную трудоёмкость изготовления, связанную с точной подгонкой размеров кольца с фрезерованной бороздкой и установкой кольца в бороздке, повышенные начальные деформации, обусловленные наличием рыхлых деформаций, значительные деформации всего соединения, опасность коррозии тонкого металлического кольца в процессе эксплуатации конструкций.

Все эти недостатки могли бы быть устранены путём применения клеевых соединений. Но и клеевые соединения не лишены в свою очередь своих недостатков, а именно, повышенная стоимость, необходимость специальных технологических линий (заводов) по изготовлению клеевых конструкций.

Исходя из выше сказанного, предлагается новый вид высокопрочного соединения, основанный на достоинствах тонкой кольцевой металлической шпонки и полимерных композиционных материалов. Суть его заключается в том, что кольцевая бороздка может быть увеличенных размеров по ширине, что позволяет осуществлять свободную укладку в неё металлического кольца, а образовавшееся "лишнее" пространство в бороздке заполняется полимерной клеевой композицией, которая после отверждения позволяет шпонке сразу включиться в работу, минуя процесс первоначального обмятия и обжатия. При этом требуется небольшое количество полимерной клеевой композиции и отпадает необходимость в специальных технологических линиях по изготовлению клеевых соединений, и в точной укладке кольца связанной с месторасположением прорези кольца по отношению к линии действующего усилия.

Введение полимерной клеевой композиции в кольцевую бороздку позволяет не только быстро и полно включиться в работу металлической шпонке, но также способствует локальному упрочнению контактной поверхности древесины соединяемых элементов, а неиспользуемые "излишки" клея, вытекающие из заполненной бороздки при укладке

кольцевой шпонки увеличивают площадь монолитного сцепления склеивания соединяемых деревянных элементов. Всё это в целом существенно увеличивает несущую способность соединения, и уменьшают его деформативность.

В процессе эксплуатации конструкции стальная кольцевая шпонка находится внутри затвердевшей полимерной клеевой композиции, которая надёжно защищает её от возможной коррозии, повышая тем самым эксплуатационную надёжность и долговечность такого вида соединения. Общий вид соединения на клею кольцевых шпонках (ККШ) и промежуточные технологические операции при его изготовлении показаны на рис.41а.

Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований новых видов соединений элементов деревянных конструкций, включающих в себя клеенные в древесину металлические кольцевые шпонки и металлические шайбы. Показаны преимущества и достоинства клею металлических соединений перед обычными соединениями на шпонках и шайбах, а также обоснованы факторы, обеспечивающие повышение их несущей способности и жесткости.

Соединения элементов в значительной степени определяют прогресс в развитии деревянных конструкций. За многовековую практику применения деревянных конструкций в строительстве накоплен опыт использования более сотни различных видов соединений, которые в своё время определяли развитие перспективных направлений и отраслей совершенно новых видов несущих конструкций. Так было с первыми соединениями, которые основывались на том, что усилие от одного элемента другому передавалось непосредственно через контактные поверхности, и вызывали в соединяемых элементах в основном напряжения смятия (это лобовые врубки, упоры и т.п.). Такие соединения обладали высокой надёжностью, поскольку смятие является наиболее благоприятной работой древесины, а простота изготовления деревянных соединений позволяет применять их практически для всех видов несущих конструкций, даже в случаях прикрепления к узлу растянутых элементов. Однако использование таких соединений вело к перерасходу древесины и требовало больших затрат ручного труда.

Появление в дальнейшем соединений с механическими рабочими связями (гвозди, болты, шпонки, нагели и т.п.) несколько расширило области применения и увеличило разнообразие видов несущих конструкций. Однако внедрение механических рабочих связей в древесину соединяемых элементов и передача через них усилий привели, помимо основной работы на смятие, к более опасной хрупкой работе древесины на скалывание и раскалывание. Это не могло не сказаться на обеспечении надёжности соединений и всей конструкции. Кроме того, следует отметить, что как в работе контактных соединений, так и в работе соединений на механических связях есть ещё один отрицательный фактор –

это повышенная податливость соединений, наличие которой приводит, в той или иной степени, к снижению несущей способности и жесткости составных несущих конструкций.

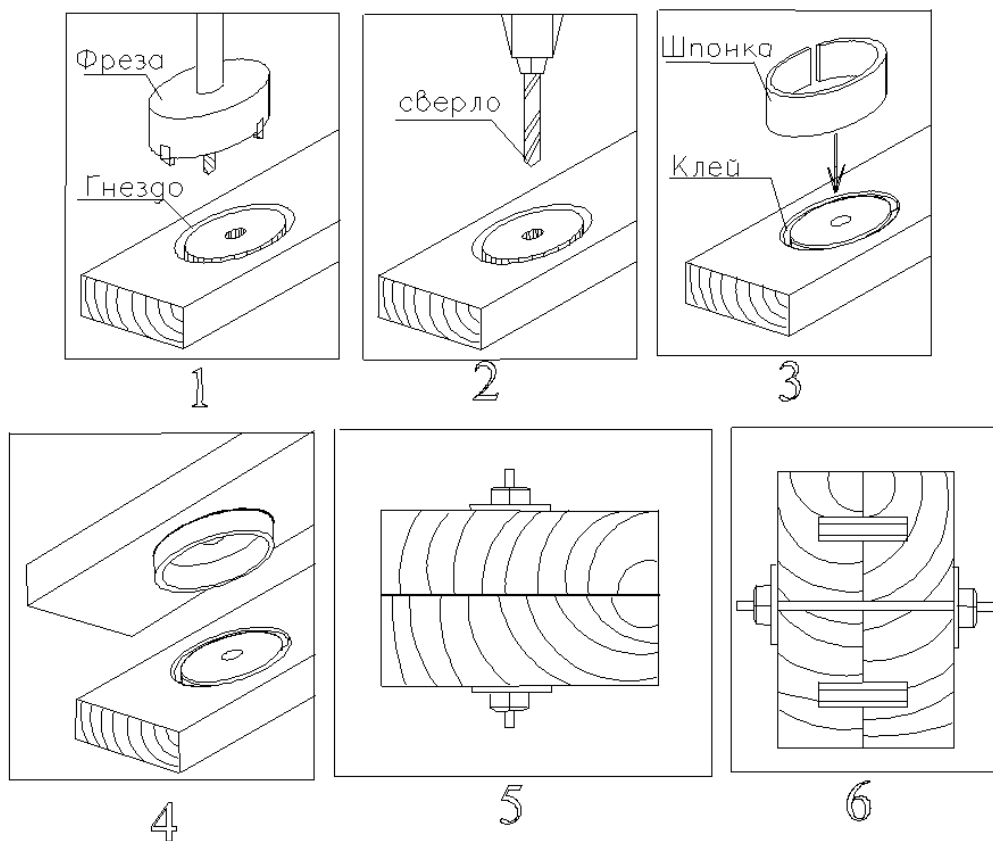
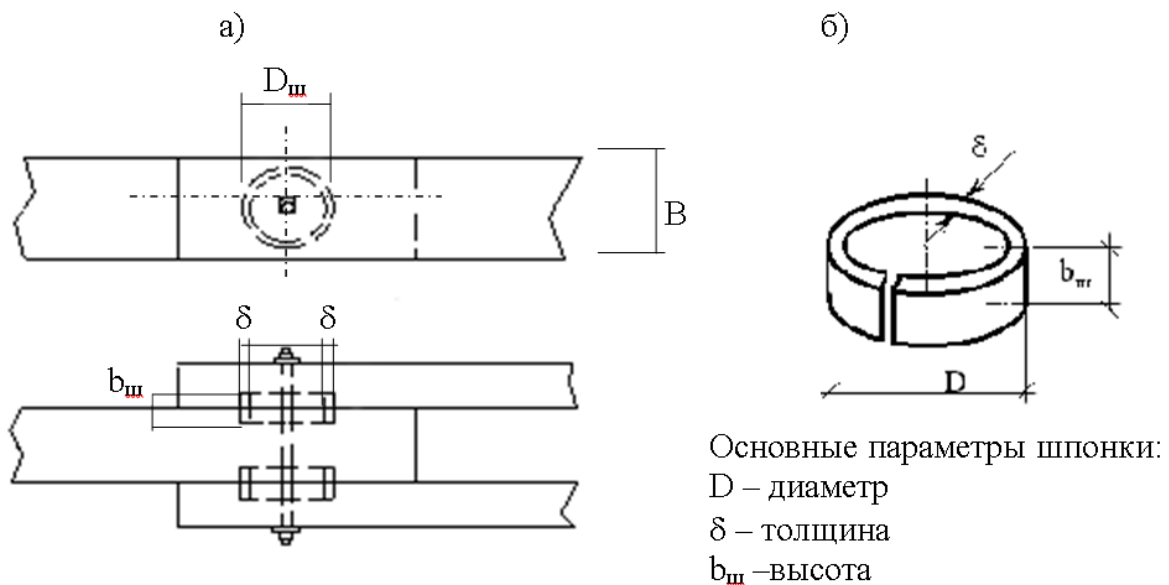


Рис.41. Общий вид соединения на ККШ, шпонки и операции при изготовлении соединения:

а – общий вид соединения на ККШ; б – общий вид шпонки; в – операции при изготовлении соединения. 1) выборка гнезда под шпонку; 2 – сверление отверстия под стяжной болт; 3 – введение клея в гнездо и укладка кольца; 4 – соединение элементов; 5 – установка стяжного болта; 6 – поперечный разрез по шпонке

Новая ступень развития современных деревянных конструкций связана с возникновением клеевых соединений, что привело к широкому применению в мировой практике клеёных деревянных конструкций. Клеевые соединения ~ монолитные, неподатливые, что позволяет рассматривать их, судя по степени надежности и долговечности, не только как цельнодеревянные, но даже и превосходящие работу цельных элементов. Однако для производства клеёных конструкций и изготовления таких соединений требуется особая технология, специальное оборудование и недешевые виды полимерных клеев. Кроме того, клеевые соединения могут быть изготовлены только на заводе. На практике же встречается целый ряд случаев, когда соединение элементов, сборку их в конструкцию нужно произвести на строительной площадке, т.е. необходимы сборно-разборные (монтажные) соединения. При этом желательно, чтобы такие соединения обладали высокой надежностью в работе, малой степенью податливости, простотой изготовления, доступностью и экономичностью.

К таким видам соединений в деревянных конструкциях на сегодня следует отнести клееметаллические, т.е. соединения, в которых имеют место механическая связь и клеевой шов. Однако далеко не каждое клееметаллическое соединение обладает такими желаемыми качествами, которые отмечены выше. Известные клееметаллические соединения с применением клеестальных шайб или сдвиговые соединения с использованием клея и дополнительно установленных металлических крепежных деталей (болты, заклепки, шурупы) отличаются ограниченной несущей способностью, что объясняется опасной хрупкой работой древесины на скалывание клеевого шва или материала вблизи него.

Необходим рациональный подход к конструированию клееметаллического соединения. При правильном конструировании клееметаллическое соединение позволяет максимально использовать благоприятную работу древесины на смятие и свести к минимуму опасную хрупкую работу её на скалывание. В ряде случаев несущая способность соединения будет определяться совместной работой древесины на смятие и на скалывание.

К рациональному следует отнести такой подход, когда металлическая механическая связь клеится в гнездо, выбираемое в древесине соединяемых элементов, а не просто приклеивается к боковым поверхностям или свободно вставляется в выбранное гнездо. Наличие клеенных металлических деталей в местах повышенного уровня силовых воздействий способствует перераспределению напряжений смятия и скалывания на большую площадь соединяемых элементов, а следовательно, и увеличению несущей способности соединения. С другой стороны, наличие монолитного соединения древесины с клеенной механической связью существенно снижает податливость всего соединения.

Используя указанный принцип, авторы разработали клееметаллические соединения с применением клеенных кольцевых шпонок и клеенных стальных шайб.

На рис. 42(а) представлен простейший стык, где соединяются друг с другом два элемента, а в общем случае в узле могут соединяться несколько элементов, располагаемых под различными углами друг к другу, например в фермах. Согласно положениям СНиП 11-25-80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования» соединения на кольцевых шпонках и гладких шайбах не рекомендуются к применению ввиду повышенной трудоемкости изготовления и значительной податливости, хотя и отмечается при этом их повышенная несущая способность. Однако указанные недостатки данных соединений могут быть легко устранены:

- путем использования современного электрооборудования «Protool», позволяющего быстро и точно производить выемку гнезд как под шайбу, так и под шпонку (без особых трудозатрат);

- путем посадки металлического кольца или стальной шайбы в гнездо, предварительно заполненное полимерной клеевой композицией (клеем), тем самым обеспечивается монолитное соединение металлической детали с деревянными элементами, позволяющее устранить податливость соединения и обеспечить его плотность.

Одновременно с устранением отмеченных выше недостатков клееметаллические соединения на клеенных шпонках и шайбах обладают повышенной несущей способностью, что очень важно в тех случаях, когда на сравнительно небольшой площади взаимного контакта соединяемых элементов необходимо передать значительные усилия.

Предлагаемые клееметаллические соединения прошли экспериментальную проверку путем испытания натуральных образцов.

Нетрудно заметить, что во всех случаях наблюдается значительное увеличение предельной разрушающей нагрузки на образцы с ККШ и КШ по сравнению с образцами, не имеющими клеенных металлических связей. Это связано прежде всего с монолитностью клееметаллического соединения, позволяющего перераспределить основные напряжения смятия и скалывания, от которых преимущественно зависит несущая способность, на большую площадь, чем сама механическая связь (шпонка или шайба). Увеличение расчетной несущей способности клеенной кольцевой шпонки, по сравнению с не клеенной, составляет около 40 %. При этом существенно снижаются деформации взаимного сдвига соединяемых элементов.

Клеенные шайбы позволяют при всех других одинаковых параметрах увеличить предельную нагрузку на соединение.

Повышение несущей способности клееметаллического соединения, как уже отмечено выше, связано с уменьшением степени концентрации

напряжений смятия и скалывания в зонах местной передачи усилий и вовлечением в активную работу большей площади за счет монолитной работы механической связи и древесины соединяемых элементов.

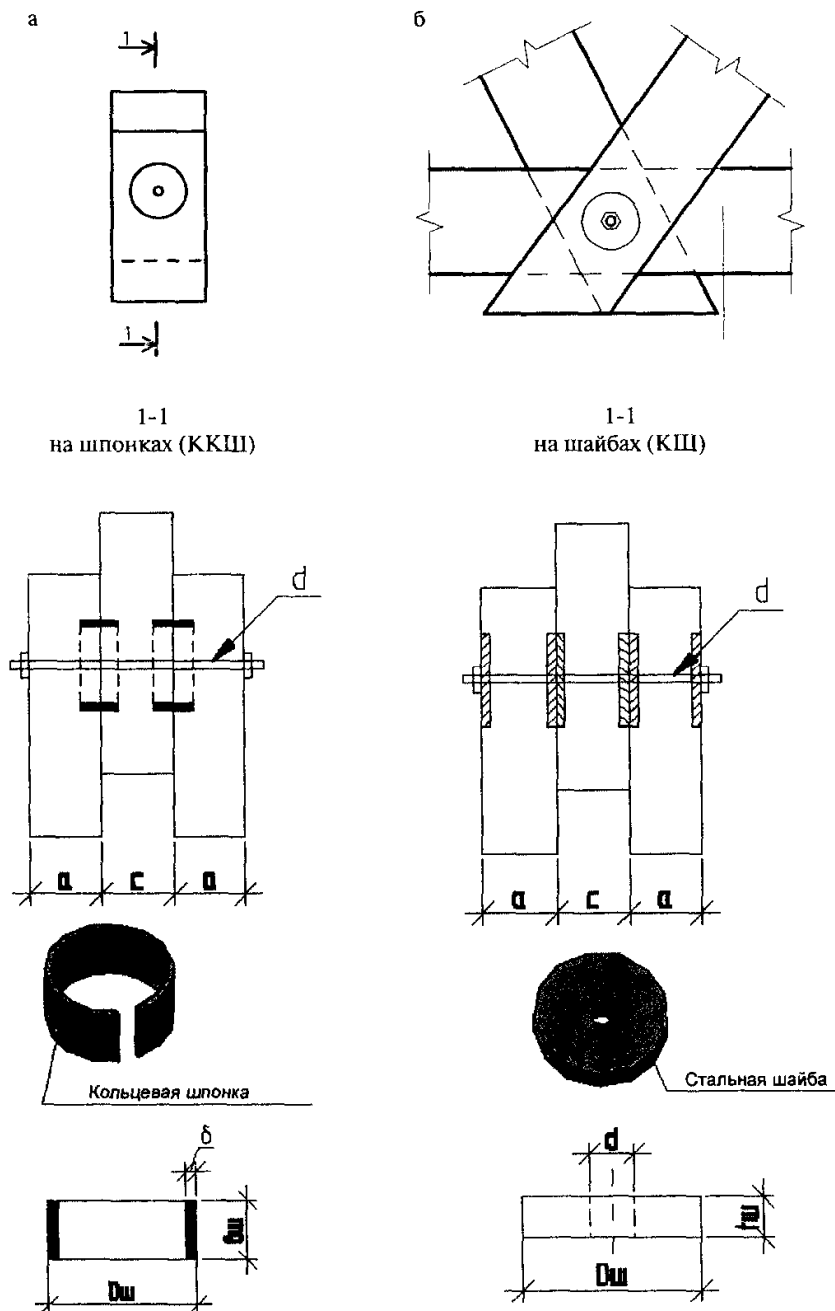


Рис. 42. Общий вид клеиметаллического соединения:  
 а – простейшее стыковое соединение;  
 б – соединение элементов под разными углами

Для оценки характера напряженно-деформированного состояния клеиметаллического соединения использован метод конечных элементов (МКЭ). С этой целью решалась объемная задача о напряженно-дефор-

мированном состоянии объемного ортотропного элемента, снабженного вклеенным стальным кольцом (для ККШ) и круглым стальным диском (для КШ). Для образца на ККШ внешние нагрузки принимались действующими по кольцу, а для образца на КШ – действующими равномерно по длине полуокружности диаметром, равным диаметру соединительного болта.

Важным достоинством предлагаемых клеиметаллических соединений является отсутствие начальных неупругих деформаций, вызываемых обычно не плотностями соединений и неточностями изготовления. Всякие неточности изготовления, а следовательно, необходимость подгонки деревянных элементов и механических связей устраняются благодаря тому, что образовавшиеся не плотности заполняются жидким клеем в процессе изготовления, после отвердения которого жидкая клеевая масса становится твердой и прочной, создавая монолитность соединения.

Соединения на механических связях в деревянных конструкциях являются наиболее распространёнными в практике строительства, поскольку являются наиболее доступными, легко исполнимыми, достаточно надёжными и могут передавать усилия под различными углами по отношению к направлению волокон древесины. Однако, несмотря на очень большое разнообразие их, тенденция совершенствования и поиск более рациональных соединений продолжается, поскольку каждый из них имеет как свои достоинства, так и недостатки.

Авторами в работе [1] предлагаются новое соединение элементов деревянных конструкций, основанное на комбинированном применении механической рабочей связи в виде центральной шпонки и клеевой композиции. При этом центровая шпонка вклеивается в гнездо в процессе изготовления соединяемой заготовки, т.е. до выполнения самого соединения, что позволяет считать такое соединение сборно-разборным. Это очень важно, поскольку основная операция по выполнению работ, связанных с клеем, может выполняться в заводских условиях с соблюдением всех технологических требований к этим работам и применением современных средств механизации, т.е. может быть выполнена качественно. Поскольку в соединении использованы центровая шпонка и клей, то это и определило его название: “на центральных вклеенных кольцевых шпонках (ЦККШ)”.

Общий вид основные технологические операции при изготовлении соединения на ЦККШ приводятся в работе [2]. Там же приводятся и предварительные результаты, экспериментальных исследований некоторых видов соединений на ЦККШ, которые показали их высокую надёжность в работе и положительные отличительные свойства по сравнению с другими видами соединений, в частности с аналогичными соединениями на центральных шпонках без использования клеевой композиции.



Следует заметить, что проделанные в [2] эксперименты являются предварительными, поскольку включают ограниченное количество образцов с небольшим разнообразием соединений по величине диаметра, размерам образцов и предусматривают только один способ нагружения, когда усилие передаётся шпонкой только вдоль волокон древесины соединяемых элементов. В практике применения деревянных конструкций довольно часто имеет место, когда усилия от одного элемента другому под разными углами по отношению к волокнам древесины. Примерами могут служить узловые и стыковые сопряжения элементов сквозных деревянных конструкций: ферм, рам, арок и др. Учитывая природную анизотропию строения дерева, прочностные и деформационные характеристики таких соединений будут иметь существенные отличия.

В данной работе приводятся результаты исследований соединений на ЦККШ, когда усилия через шпонку передаются деревянному элементу под различными углами по отношению к волокнам древесины. Для эксперимента применялись образцы, форма и размеры которых назначались исходя из схемы их испытания на сдвиг при сжатии. Основные параметры образцов показаны на рис. 43.

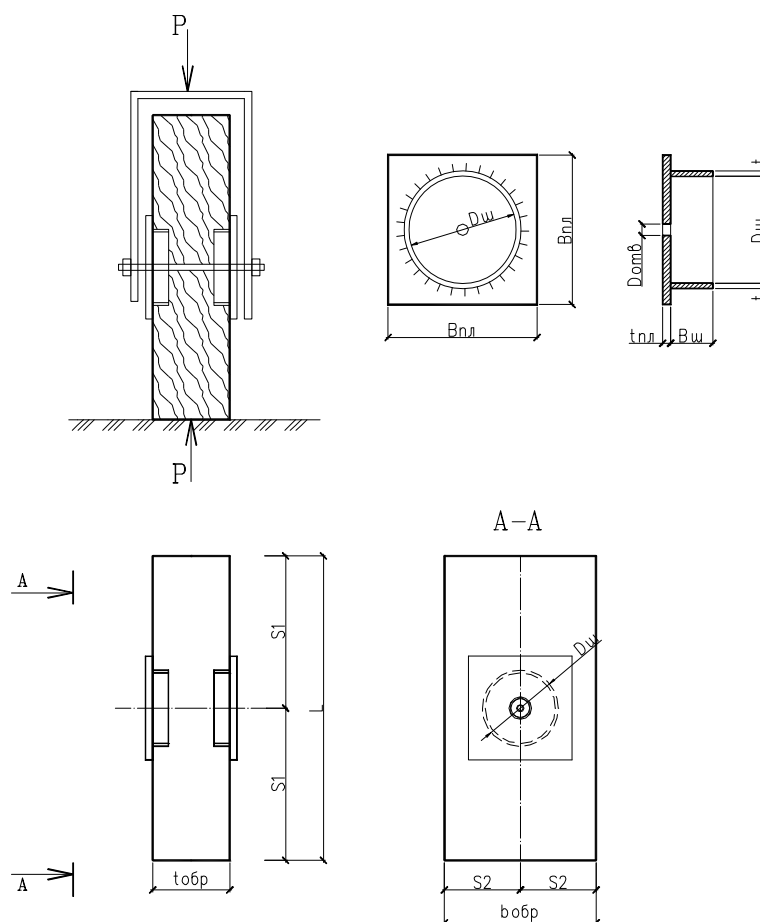


Рис. 43. Схема нагружения и основные параметры образцов, испытываемых на ЦККШ

Исследования по определению предельной разрушающей нагрузки проводились на двух типах образцов с диаметрами шпонок  $D_{ш}=60$  мм и 100 мм. Изменение угла направления волокон древесины принимались  $\alpha=0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $90^\circ$ . Ширина шпонок принималась  $b_{ш}=20$  мм. Толщина кольца шпонки принималась  $t_{ш}=2$  мм.

В исследованиях, для заполнения кольцевой бороздки применялся эпоксидный клей. Клеевая композиция позволяла осуществить твёрдое и плотное заполнение бороздки после его отверждения и хорошее вклеивание металлического кольца в деревянный элемент. Для оценки влияния клеевой композиции на несущую способность элемента были испытаны несколько образцов без заполнения бороздки клеевой композицией.

Испытания проводились в лаборатории кафедры строительных конструкций при нормальном температурно-влажностном режиме. Нагружение образца осуществлялось в гидравлическом прессе, позволяющим прикладывать нагрузку ступенями (поэтапно) с величиной, примерно 0,1 Рразр. Общая схема приложения нагрузки показана на рис.1.

Для фиксирования деформаций сдвига устанавливались индикаторы часового типа с ценой деления равной 0,01 мм. Индикаторы устанавливались попарно для фиксации возможного перекоса образца в процессе нагружения.

Нагрузка прикладывалась до полного разрушения образца. За разрушающую принималась нагрузка, при которой образец получал явное механическое разрушение, либо такая её величина, при которой деформации в образце росли без заметного увеличения нагрузки.

## 2.16. Винтовые соединения

Особого внимания заслуживают винтовые соединения, которые чаще всего используются как монтажные (рис. 44). Существует широкая гамма саморезующих высокопрочных винтов с различной формой и шагом резьбы диаметром от 4 до 10 мм и длиной резьбы до 60 мм. Их ввинчивание механизированным способом может осуществляться в произвольном монтажном положении, под любым углом к волокнам древесины и часто без выполнения пилотных отверстий. Снижение трения в процессе ввинчивания достигается за счет специальной формы резьбы и ее размещения лишь на части длины винтов. Последние работают в соединениях в основном на выдергивание. Их несущая способность зависит от длины анкеровки, угла наклона к волокнам древесины, диаметра, формы и шага резьбы. С применением винтов представляется возможным реализовывать самые разнообразные узловое соединения. Их выполнение нетрудоемкое, не зависит от погодных условий, не требует

дорогостоящего оборудования, бесшумно, что важно при производстве ремонтных работ.

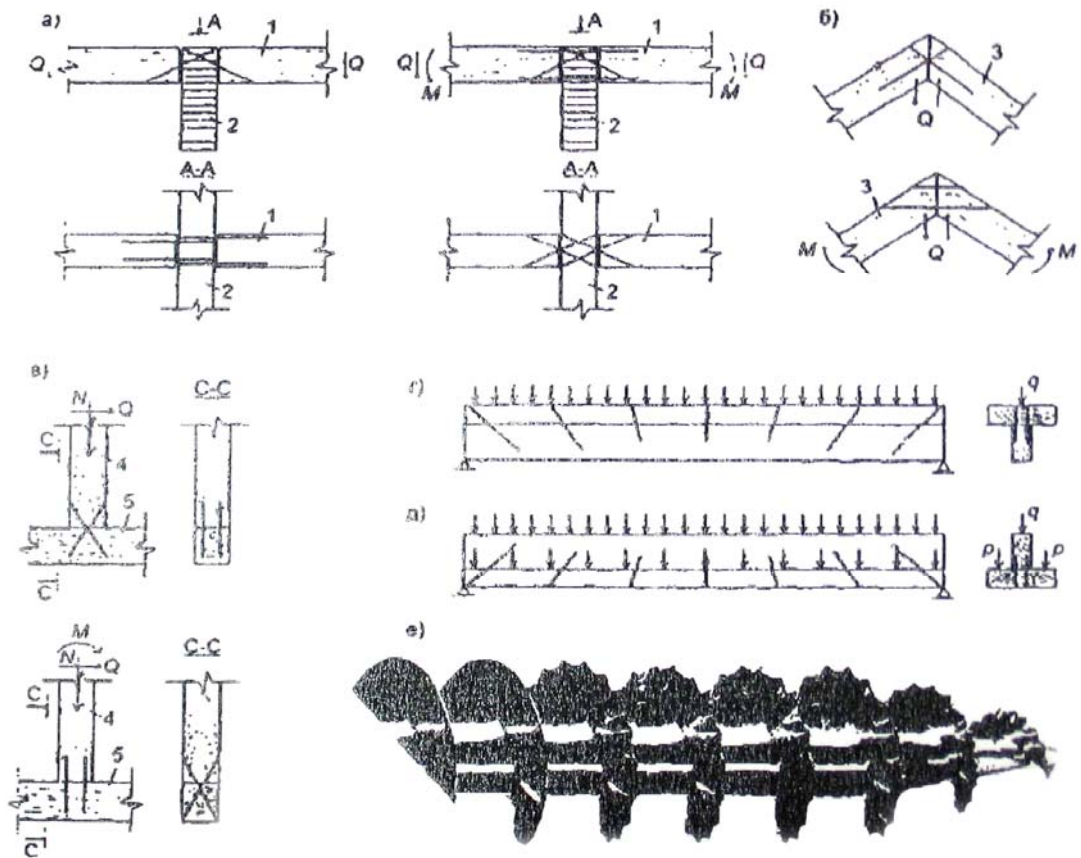


Рис. 44. Шарнирные полужесткие винтовые соединения:  
 а – второстепенных балок 1 с главной 2; б – стропил 3 в коньке;  
 в – стойки 4 с лежнем 5; г, д – усиление балок с помощью накладок,  
 прикрепленных на винтах соответственно сверху и снизу;  
 е – новое поколение самонарезающихся винтов

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

## 2.17. Вклеенные стальные стержни

В практике строительства также применяются конструкции узлов клееных деревянных элементов с использованием поперечного или наклонного армирования вклеенными стержнями.

Соединительные накладки и ребра жесткости устанавливаются на строительной площадке, но к одному из соединяемых элементов они могут быть приварены заранее при контрольной сборке.

Основу узловых соединений составляет анкеровка закладных деталей. Закладные детали состоят из анкерных пластин и присоединенных к ним (до вклеивания или после) наклонных стержней.

На рис. 45 приведены некоторые варианты закладных деталей, применяющихся в конструкциях.

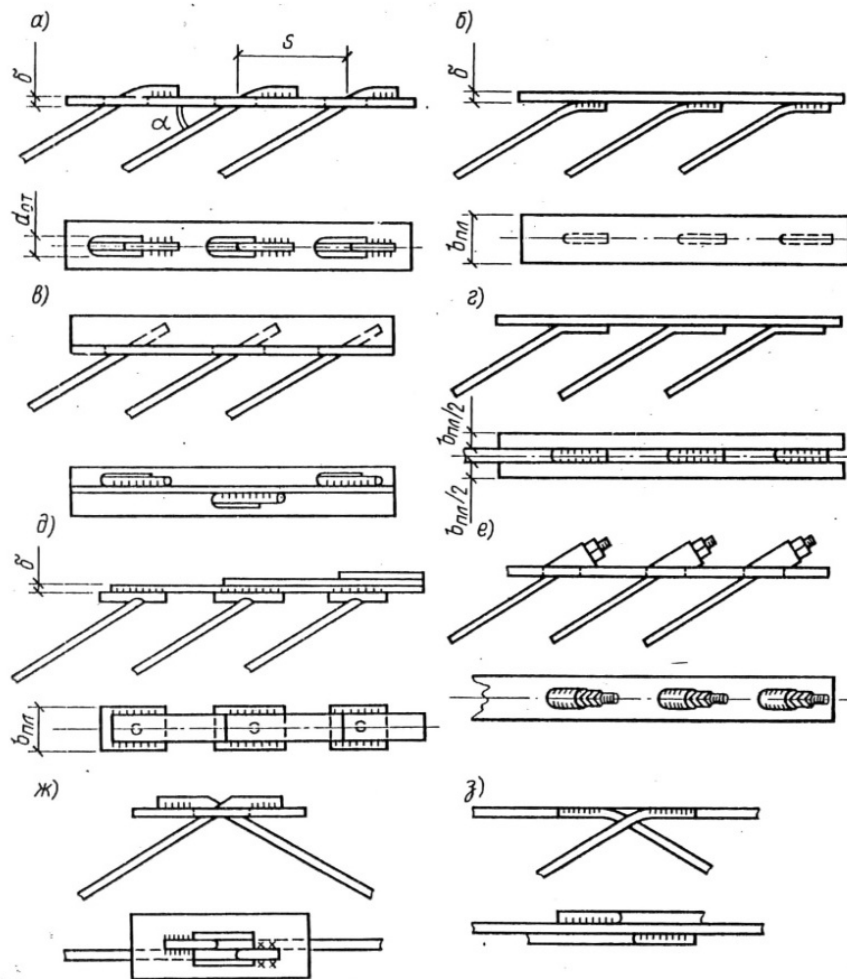


Рис. 45. Конструктивные варианты закладных деталей с присоединением анкерных стержней:  
 а – сверху; б – снизу до вклеивания; в – к ребру жесткости;  
 г – впотай; д – к дискретным накладкам контактной сваркой;  
 е – шарнирно; ж, з – универсальная закладная деталь

Анкерные пластины закладных деталей могут быть заглублены в клееный пакет или оставлены на поверхности. Это определяется конструктивными требованиями удобства присоединения ограждающих конструкций или обеспечения огнезащитного слоя. В последнем случае толщина защитного слоя древесины должна соответствовать требуемому пределу огнестойкости.

поверхности соединяемых элементов.

Второй вариант (рис.45, б) не имеет ослаблений и выступов, не требует сварки на древесине, но его использование при количестве стержней более двух становится технологически затруднительным. Если при конструировании допускается увеличение габарита пластины, то закладная деталь по третьему варианту (рис.45, в) наиболее предпочтительна. Здесь требуются прямые стержни, упрощается их сварка, а ребром жесткости может восприниматься перерезывающая сила. Четвертый вариант (рис.45, г) позволяет избежать прорезей в пластине и выступов стержней, а при необходимости пластины могут устраиваться и свариваться с ранее вклеенными стержнями, совмещая функции накладок.

Более удобный вариант для устройства общей накладки показан на рис. 45, д. закладные детали здесь имеют гладкую поверхность, поскольку выполнены на машинах контактной сварки, как для железобетонных конструкций. Эти детали (с одним или двумя стержнями) вклеиваются на заводе деревянных клееных конструкций отдельно, а при сборке деревянных элементов (перед монтажом) они объединяются стальными накладками. С помощью закладной детали (рис.45, е) можно сконструировать натяжной стык. В качестве наклонных стержней здесь целесообразно применение высокопрочной арматуры с винтовым профилем и гайками. В данном случае анкерная пластина может также являться соединительной накладкой.

Конструктивные решения закладных деталей не ограничиваются приведенными на рис.45. Представляют интерес универсальные закладные детали по вариантам, приведенным на рис.45, ж, з, которые одинаково хорошо воспринимают сдвигающие усилия разного знака и могут применяться не только в узлах деревянных конструкций, но и для сплачивания составных элементов, для присоединения внешней арматуры и т.д. Здесь пластина является лишь соединяющей деталью. Все усилия воспринимаются наклонно вклеенными стержнями. Этот вариант обеспечивает наибольшую жесткость соединения.

Анкерные пластины закладных деталей могут быть заглублены в клееный пакет или оставлены на поверхности. Это определяется конструктивными требованиями удобства присоединения ограждающих конструкций или обеспечения огнезащитного слоя. В последнем случае толщина защитного слоя древесины должна соответствовать требуемому

пределу огнестойкости. Защитный слой должен быть из других материалов, например цементостружечных плит толщиной 10–40 мм.

В зарубежной практике применяются плоские двухпоясные конструкции решетчатого типа (фермы), сквозные конструкции (арки, рамы), а также пространственные стержневые конструкции в виде структур, куполов, складок, сетчатых сводов, оболочек и т.п. Как правило, они состоят из набора стержневых элементов, работающих в условиях одноосного сжатия, растяжения и изгиба, т.е. при напряжениях, наиболее характерных для работы древесины в натуральном состоянии. Понижение огнестойкости маломерных элементов восполняется путем специальных мероприятий (химических, конструктивных, эксплуатационных). Конструкции такого типа позволяют реализовывать разнообразные и часто более выразительные формы зданий, т.е. отвечают современным архитектурным направлениям, таким как High-Tech, постмодернизм и деконструктивизм, заимствование природных форм. Совершенно очевидно, что применение конструктивных многоэлементных систем связано с увеличением заводских и монтажных соединений. Последние, однако, в отличие от соединений массивных конструкций являются менее нагруженными и более компактными. К ним, кроме общеизвестных и нередко противоречивых требований (низкая материалоемкость и трудоемкость, равнопрочность с основным сечением, огнестойкость, надежность и т.д.), все чаще предъявляются эстетические требования (например, скрытость крепежных деталей в толще соединяемых элементов). Последнее требование является обязательным при ремонте и усилении деревянных конструкций исторических зданий.

В большей степени перечисленным требованиям удовлетворяют соединения на металлических связях нового поколения, получившие наибольшее

распространение в зарубежной практике. В качестве последних используются всевозможные крепежные элементы заводского изготовления, поставляемые потребителю с коррозионно-стойкими покрытиями, либо выполненными из нержавеющей стали. Все они сертифицированы и каталогизированы применительно к разновидностям соединений, величинам воспринимаемых нагрузок и условиям эксплуатации. Особое внимание при разработке рассматриваемых соединений обращается на снижение их податливости, что имеет существенное значение, учитывая их многочисленное применение в современных конструкциях. Следует отметить, что влияние податливости соединения на деформативность конструкций пространственного типа менее значимо, чем для плоских конструкций. Более того, как известно, определенная податливость соединения является полезной, например, при восприятии динамических и вибрационных воздействий, а также в ряде других случаев.

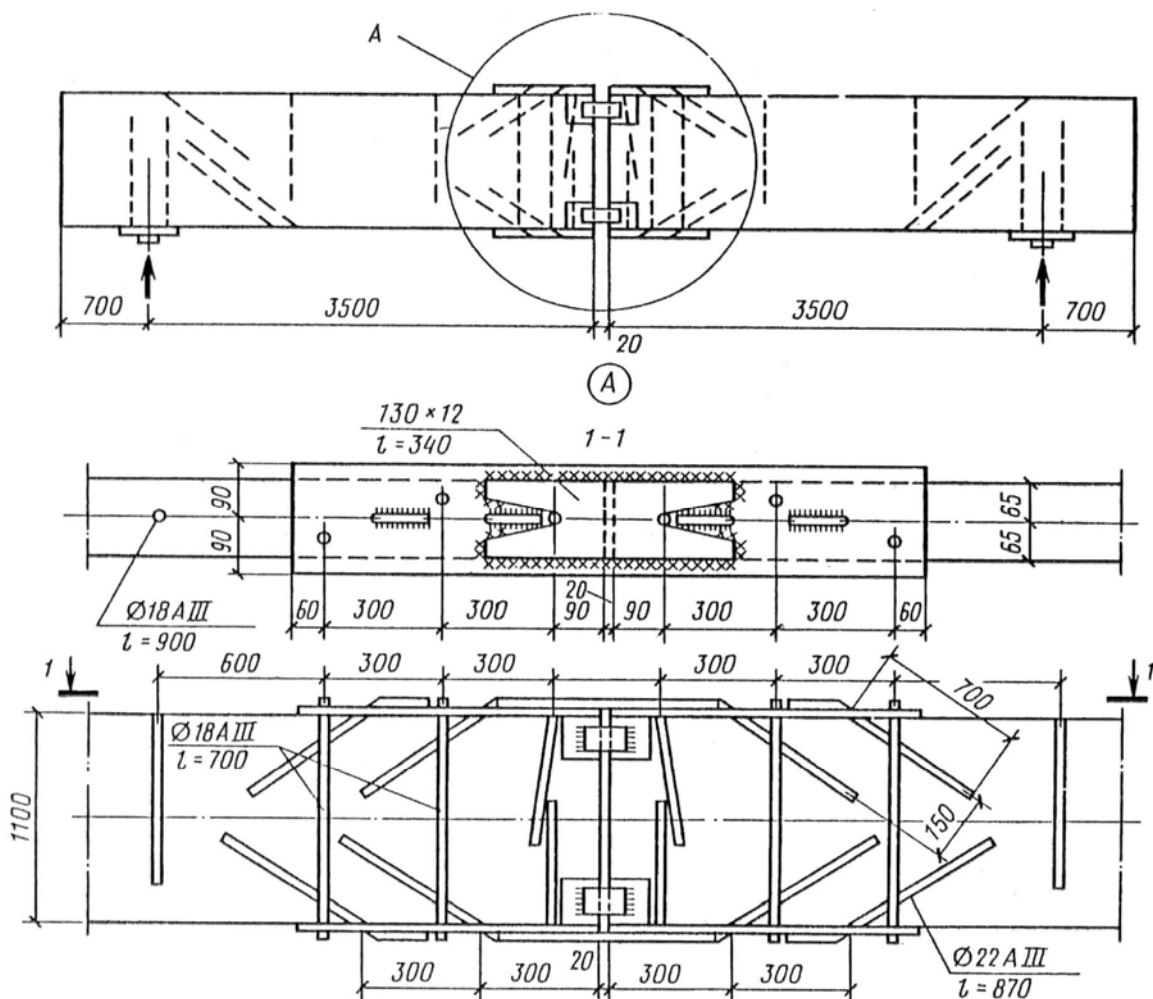


Рис.46. Пример использования закладных деталей в стыке деревянных конструкций

Универсальным видом монтажных соединительных креплений являются холодногнутые, либо штампованные перфорированные изделия в виде кронштейнов, башмаков, хомутов, подвесок и т.п. (рис. 47). Их крепят к древесине на шурупах, работающих на выдергивание и сдвиг. С целью повышения огнестойкости и улучшения внешнего вида соединений металлические элементы частично или полностью заглубляются в пропилы или гнезда, образованные в соединяемых деревянных элементах.

В малонагруженных монтажных стыках получили распространение соединения мебельного типа, металлические связи которых размещают в потайных гнездах или углублениях, выполненных в заводских условиях, а их натяжение осуществляют с помощью специальных механизированных приспособлений, иногда весьма оригинальных, например ключей карданного типа. После сборки выходные отверстия заделываются деревянными пробками, либо накладками.

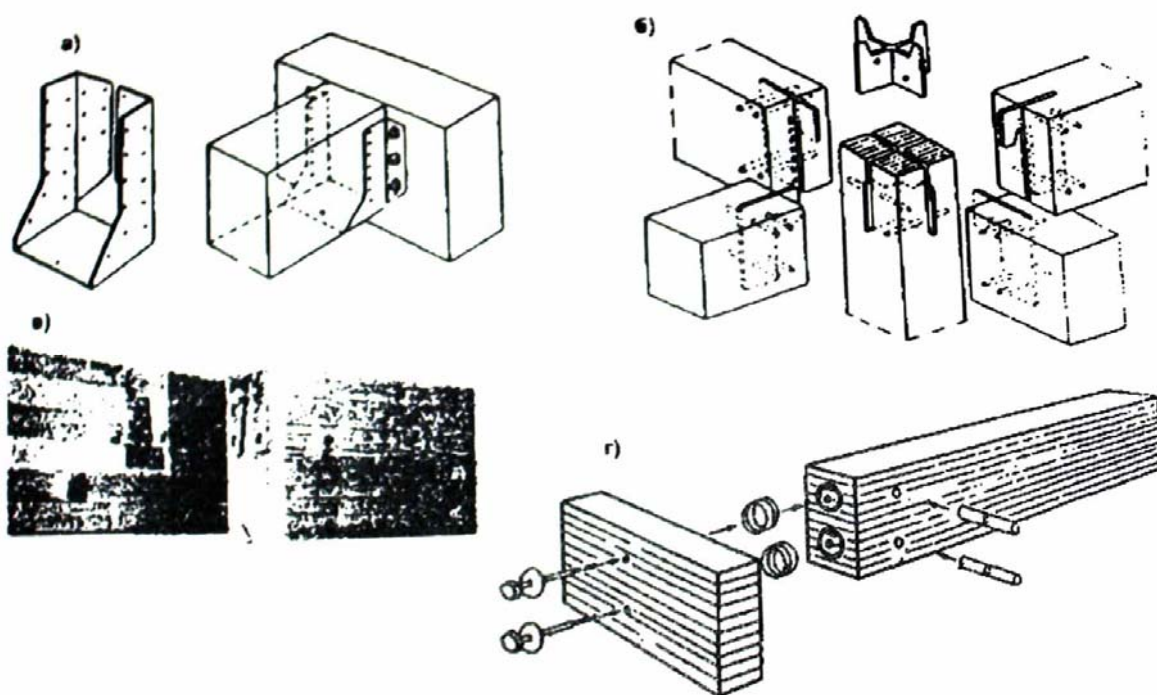


Рис. 47. Соединение с помощью заводских креплений в виде: штампованного нагруженного хомута (а), кронштейнов (б), на столик в гнезде (в), штифтово-болтовое (г)

Для узловых соединений дощатых элементов нашли применение металлические зубчатые пластинки (МЗП) (рис. 48). Наибольшее распространение в зарубежной практике строительства получили МЗП системы «Gang-Neil».

МЗП представляет собой стальные пластинки толщиной 1–2 мм, на одной стороне которых после штамповки на специальных прессах получают зубья различной формы и длины. МЗП ставят попарно по обе стороны соединяемых элементов таким образом, чтобы ряды МЗП располагались в направлении волокон присоединяемого деревянного элемента, в котором действуют наибольшие усилия.

Изготовление конструкций должно производиться на специализированных предприятиях или в деревообрабатывающих цехах, оснащенным оборудованием для сборки конструкций, запрессовки МЗП и контрольных испытаний конструкций. Ручная запрессовка МЗП недопустима.

Несущую способность деревянных конструкций на МЗП определяют по условиям смятия древесины в гнездах и изгиба зубьев пластин, а также по условиям прочности пластин на растяжение, сжатие и срез.

Материалом для изготовления конструкций служит древесина сосны и ели шириной 100–200 мм, толщиной 40–60 мм.





Недостатком такого вида соединений является открытость тонких пластин, что существенно снижает огнестойкость соединения. Кроме того, соединения на МЗП обладают повышенной податливостью при циклических воздействиях и увлажнении древесины. Из-за способности зубчатых пластин воспринимать изгибающие моменты в соединяемых элементах возникают растягивающие напряжения, действующие поперек волокон. Последние, суммируясь с напряжениями, вызванными стеснением пластинами усушечных деформаций древесины, а также с деформациями от температурных воздействий, могут привести к растрескиванию деревянных элементов вдоль кромок пластин. Именно такой механизм разрушения нередко становится причиной аварии деревянных конструкций с узловыми соединениями на МЗП (рис. 49).

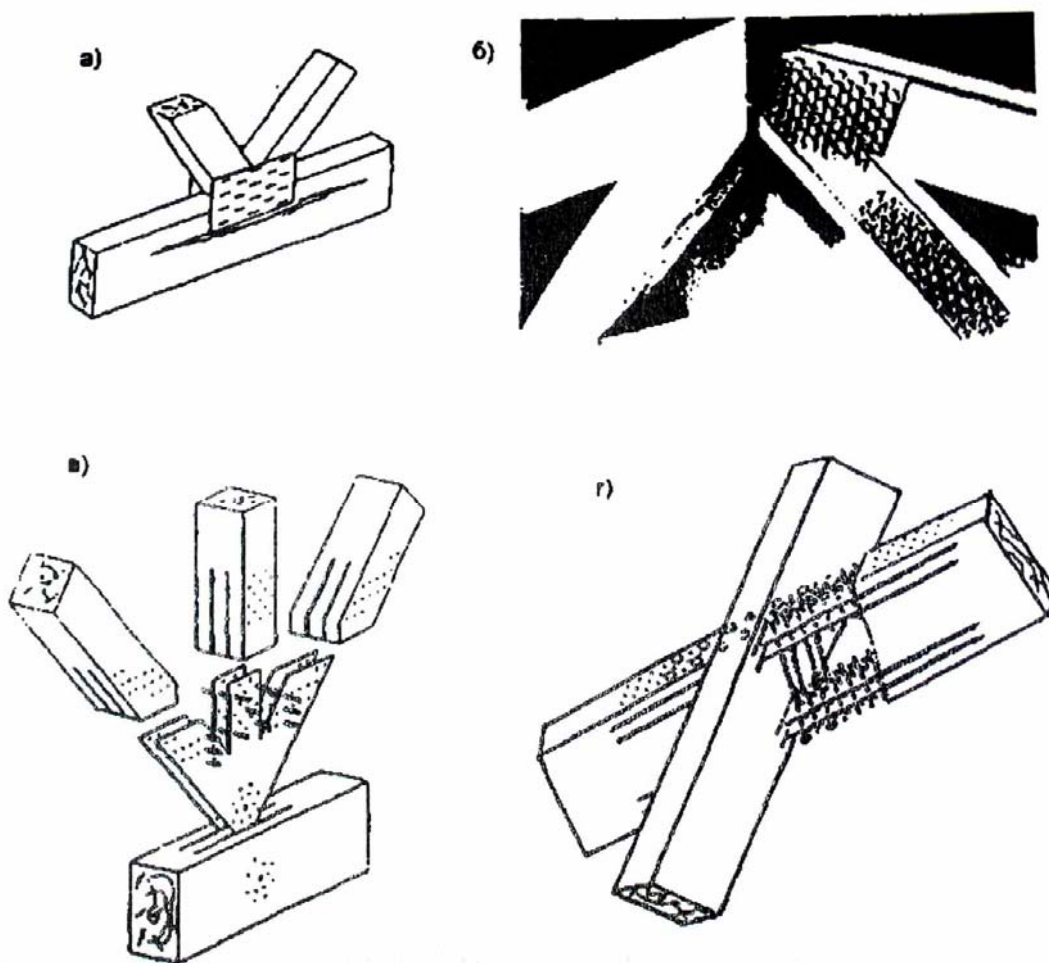


Рис. 49. Соединения на зубчатых и нагельных пластинах:  
 а – картина разрушения соединения с двусторонними запрессованными пластинами; б – соединения на пластинах с двусторонними зубьями; в, г – многосрезные нагельные соединения соответственно заводского и монтажного типов

Указанных недостатков в некоторой степени можно избежать, применяя комбинированные соединения «пластина с зубьями + нагель (нагели)». В таких соединениях зубчатые пластины выполняют роль накладок, перераспределяющих сосредоточенные усилия от нагеля на боковые поверхности деревянных элементов. Подобные соединения получили распространение в узлах решетчатых металлодеревянных конструкций. Популярность последних объясняется не только надежностью, большими конструктивными и архитектурными возможностями, но и наиболее эффективным и рациональным использованием механических свойств древесины и стали.

Традиционные нагельные соединения с деревянными накладками в последнее время используются все реже. Как альтернатива применяются многосрезные соединения на основе металлических узловых пластин толщиной 4–8 мм. Пластины размещают в пропилах и соединяют с древесиной с помощью высокопрочных саморезующих винтов диаметром 5–8 мм. В таких соединениях наиболее полно реализуется принцип дробности, когда узловое усилие равномерно распределяется в узлах по всему объему соединяемых элементов. Благодаря этому их прочность приближается к прочности основных сечений, а податливость соединения из-за плотной посадки винтов снижается. Применяются такие соединения как при сборке конструкций в заводских условиях, так и при монтаже.

Практический интерес представляют соединения с помощью заанкеренных в торцах деревянных элементов металлических стержней сложного ребристого профиля (рис. 50). Стержни размещают в торцевых отверстиях и фиксируют в заводских условиях с помощью дюбелей (винтов), располагаемых в одной либо двух перпендикулярных плоскостях. Стержни, снабженные шипами, могут также запрессовываться между склеиваемыми четвертинами. Концевые участки стержней чаще всего снабжают резьбой, что позволяет производить быструю сборку деревянных элементов с помощью специальных муфт. Основанные на этой схеме соединения наиболее часто применяют при сборке деревянных структур. Их альтернативой являются соединения с помощью ввинченных в торцы деревянных элементов тонкостенных металлических труб с гофрированной резьбой, либо труб шнекового типа. Благодаря большой поверхности сцепления древесины с трубой представляется возможной передача значительных осевых растягивающих и сжимающих усилий на деревянный элемент. Следует особенно отметить пониженную податливость рассмотренных соединений.

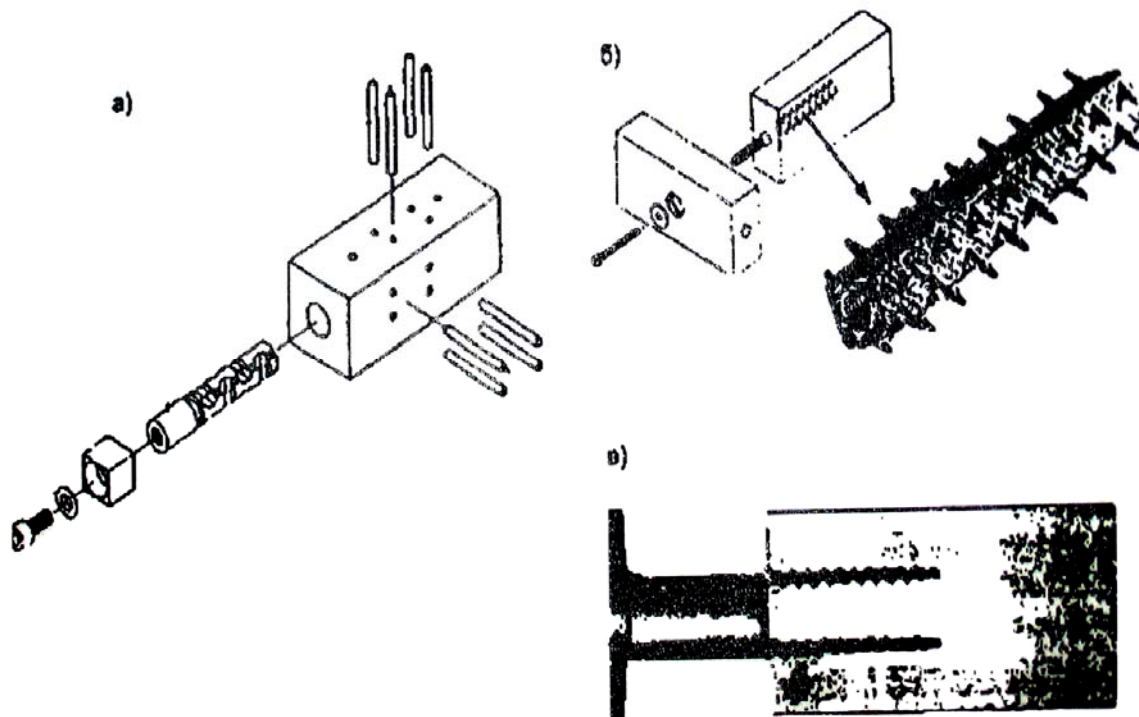


Рис. 50. Закрепленные в торцах деревянных элементов металлические связи в виде стержней специального профиля (а, б), трубы с гофрированной резьбой (в)

Повышенный интерес за рубежом наблюдается в последнее время к соединениям на клеенных связях. В нормах отдельных зарубежных стран уже приводятся данные по расчету клеенных вдоль, либо поперек волокон металлических стержней периодического профиля, либо стержней с резьбой.

Конструкции на клеенных стержнях подобно деревянным конструкциям на податливых связях при различных видах напряженного состояния имеют много общего. Это относится к принципам конструирования, расчета и изготовления. Однако вид напряженно-деформированного состояния, тип конструкции, ее очертание и другое приводят к существенным отличиям в проектировании и изготовлении.

### 3. ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО И ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ НА ШПОНКАХ И ШАЙБАХ

Как уже отмечалось, что простота изготовления современных соединений, большая степень механизации деревообработки, простота разметки, сборность конструкции, простота монтажа на месте и способность передавать значительные усилия на сравнительно небольшой площади дает возможность использовать данные соединения при изготовлении ферм и практически всех видов сквозных стержневых несущих конструкций.

На рис. 51 приведена номограмма, на которой представлены наиболее рациональные области, где целесообразно применение современных соединений. К таким областям относятся:

- стыковые соединения растянутых и сжатых деревянных элементов (как цельных, так и клееных);
- узловые сопряжения сжатых и растянутых элементов, расположенных под различными углами;
- стыковые соединения элементов, испытывающих действия изгибающих моментов или совместные действия изгибающих моментов с растяжением и со сжатием;
- жесткие узлы арок и рам;
- составные несущие конструкции (балки, арки, верхние пояса ферм);
- сквозные стержневые конструкции (фермы, арки, рамы, структуры).
- узловые соединения пространственных деревянных конструкций (купола, оболочки и др.)

Как видно из номограммы, области возможного применения ЦККШ затрагивают практически все сферы, несущих деревянных конструкциях от соединений простейших элементов из досок и брусьев, до узловых сопряжений мощных клееных элементов (например, клееных рам, клееных арок и др.).

Учитывая большое сходство соединений на гладко-кольцевых шпонках и на ЦККШ, можно рекомендовать к применению узлы и конструкции ферм, прошедших практику внедрения. В таких фермах узловые соединения могут быть заменены на центровые вклеенные кольцевые шпонки, при этом их особенностью могло бы быть использование шпонок меньшего диаметра, поскольку ЦККШ обладает повышенной несущей способностью и жесткостью по сравнению с гладко-кольцевыми шпонками и клеестальными шайбами. Это повлечет не столько к экономии металла, сколько к снижению рабочих сечений элементов ферм, ввиду уменьшения площади ослабления элементов гнездами под шпонки.

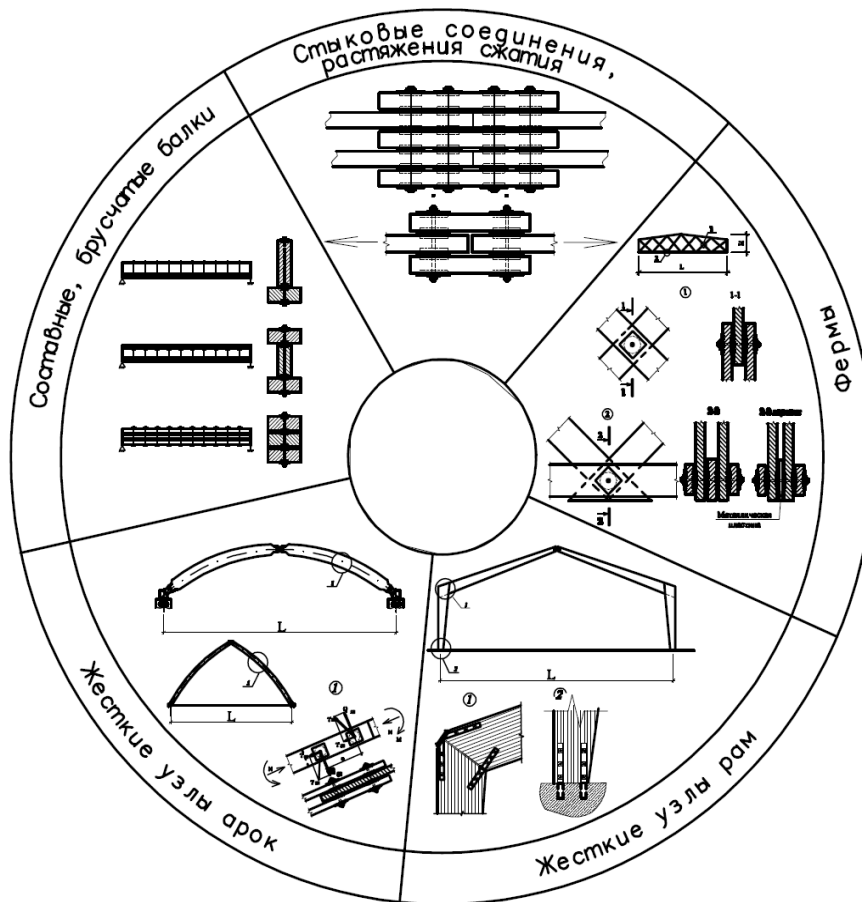


Рис.51. Номограмма наиболее рациональных областей применения VШ

В процессе развития деревянных конструкций особую сложность представляли жесткие узлы. Практически все виды соединений на механических связях обладают определенной податливостью, влияющей на несущую способность и жесткость соединения. Это накладывало определенные ограничения на проектирование и расчет жестких узлов деревянных конструкций (увеличение расчетных длин элементов, введение коэффициентов учитывающих снижение несущей способности, жесткости, и т.п.).

### 3.1. Стыки и сопряжения растянутых и сжатых деревянных элементов

В практике строительства довольно часты случаи стыкования брусчатых деревянных элементов, причем оно может выполняться как на деревянных, так и на металлических накладках. Используя ЦККШ такие стыки могут быть выполнены по типу, предложенному на рис. 52, и 53. В таких стыках усилие от одного элемента другому полностью передается через центровые вклеенные кольцевые шпонки.

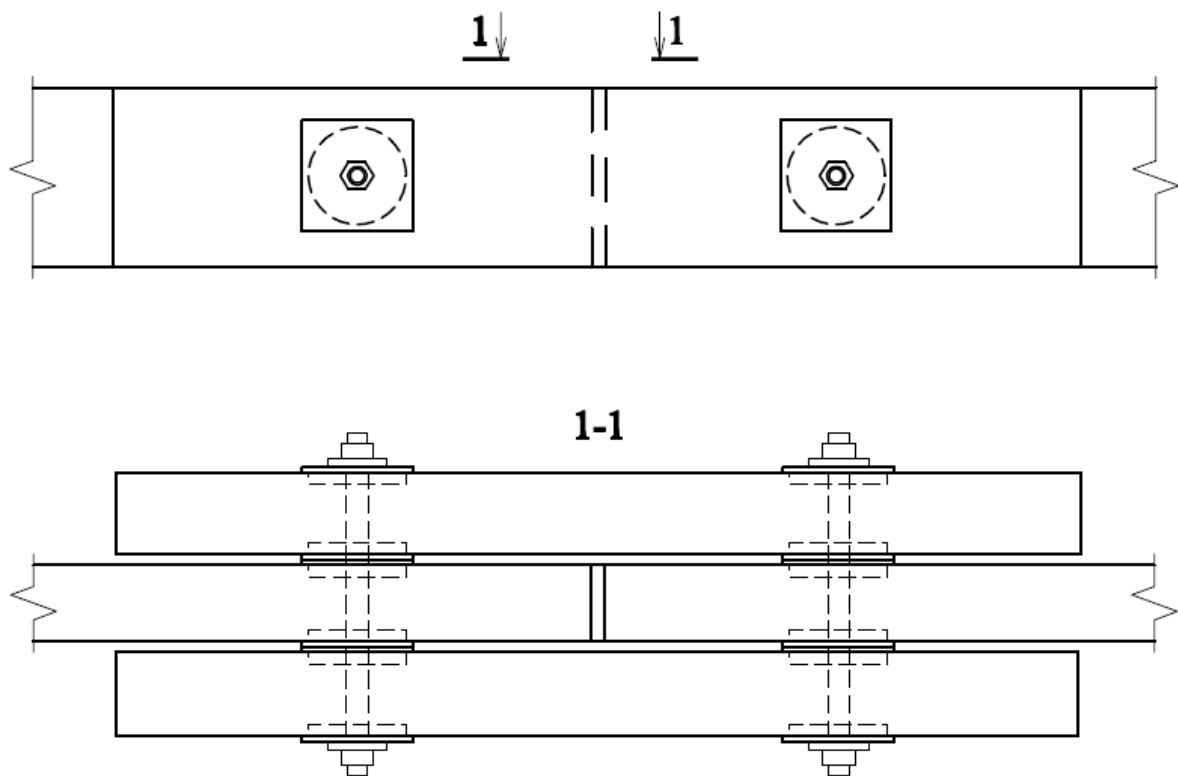


Рис.52. Сопряжение брусьев при помощи деревянных накладок

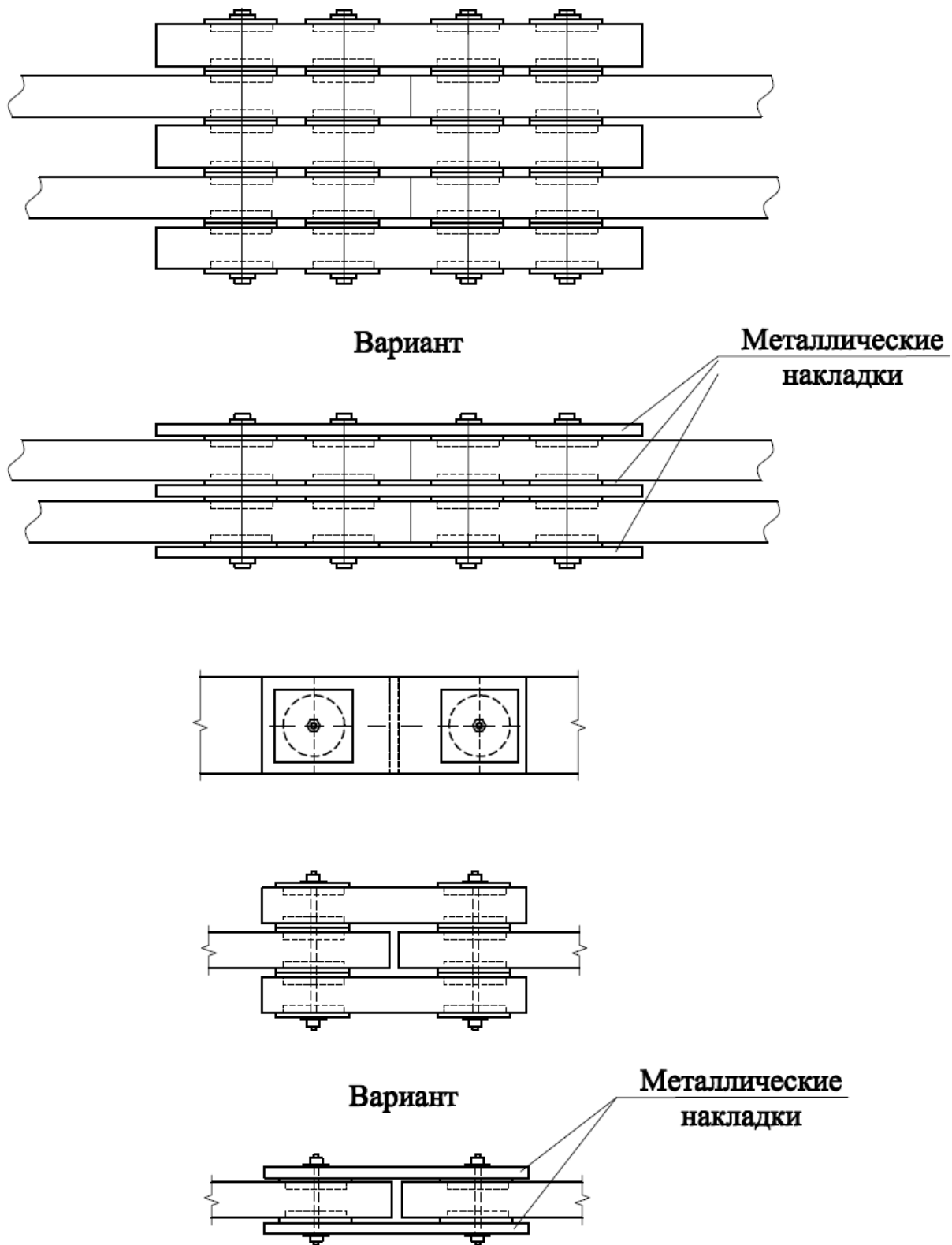


Рис. 53. Конструктивное решение стыка растянутых элементов



## 3.2. Балки

В таких балках сдвигающие усилия в швах воспринимаются шпонками и шайбами, которые обеспечивают монолитность составной балки и совместностью работы сплавляемых элементов. Шаг расстановки и количество шпонок и шайб, по длине балки определяются согласно эпюре сдвигающих усилий в швах балки. Составная балка приведена на рис.54.

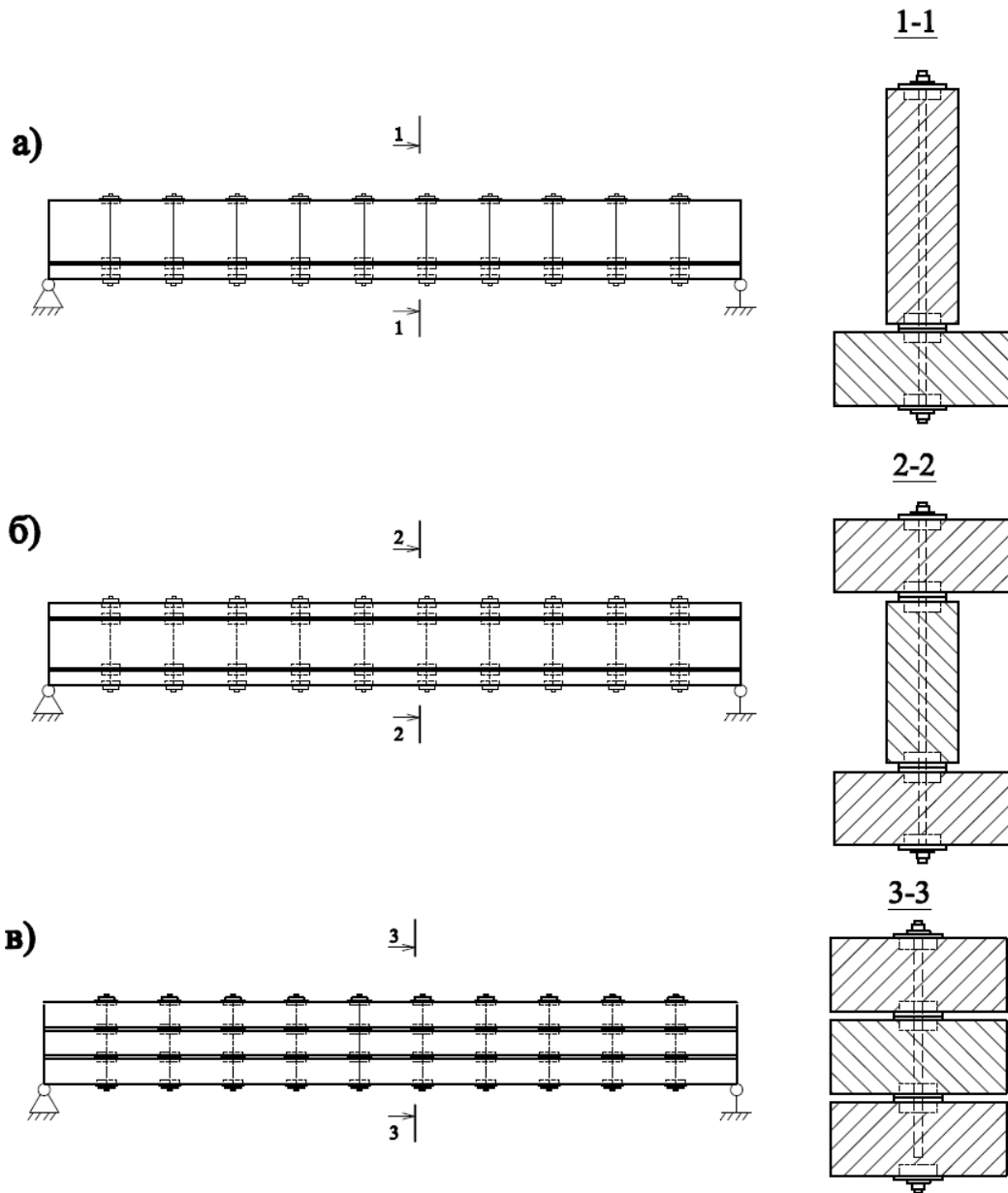


Рис.54. Конструктивное решение составного элемента:  
а – балка прямоугольного; б – балка таврового; в – балка двутаврового сечения

Достоинством таких составных балок является, что их можно изготовить из небольшого числа сплавляемых элементов при очень незначительном расходе клея, в отличие от чисто клееных элементов, где рекомендуется склеивать только дощатые элементы толщиной не более 42 мм.

В конструкциях цельнодеревянных балок (из брусьев), ввиду ограниченности длины по длине сортамента, возникает необходимость выполнения стыков. Изгибаемый стык в брусчатых балках может выполняться по схеме, приведенной на рис.55. В таких стыках шпонки и шайбы воспринимают усилие от действия изгибающего момента  $M$ . Эти усилия будут определяться как  $Q=N/2$  и направлены под углом  $90^\circ$  по отношению к плоскости балки.

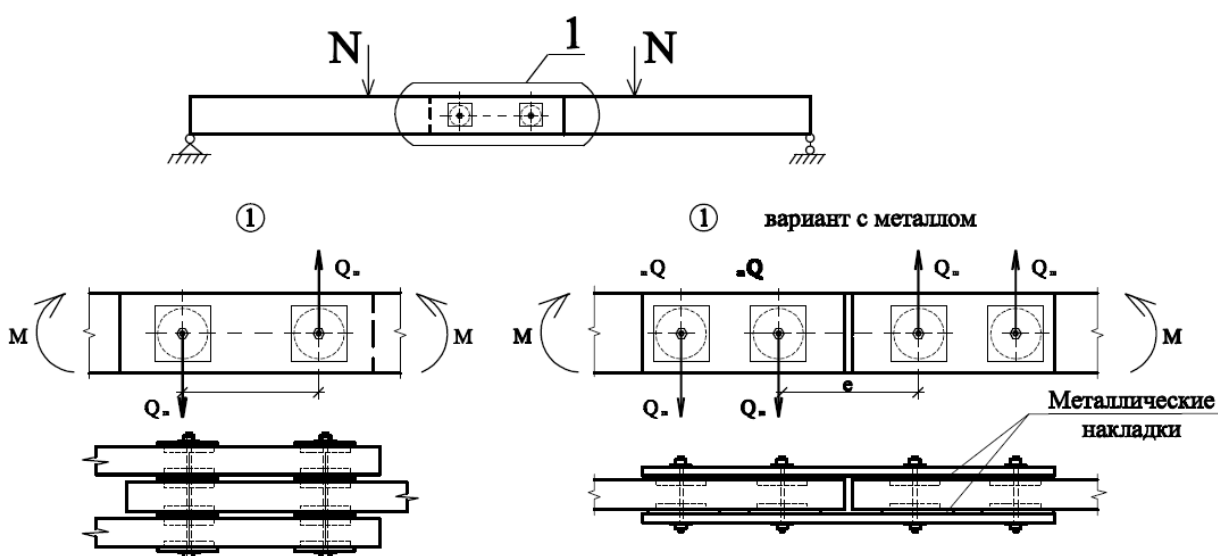


Рис.55. Конструктивное решение брусчатой балки

### 3.3. Конструкции узлов цельнодеревянных ферм

Цельнодеревянные фермы являются самой широкой областью целесообразного применения шпонок и шайб, поскольку в узлах таких конструкций сопрягается много элементов, требующих значительной площади для надежного соединения и передачи усилий друг другу. Необходимость упрощения конструкций узловых решений обуславливает применение центровых клеенных кольцевых шпонок.

Ниже приведены примеры возможного решения в современных конструкциях ферм. Ферма треугольного очертания пролетом до 15 м.

Такие фермы с узловыми соединениями на лобовых врубках довольно часто применялись, и имеет место в современном строительстве.

Варианты узловых решений приведены на (рис 56). Преимуществами таких ферм, являются:

- не ослабленное сечение нижнего пояса;
- возможность уменьшения сечений элементов;
- простота изготовления и сборки.

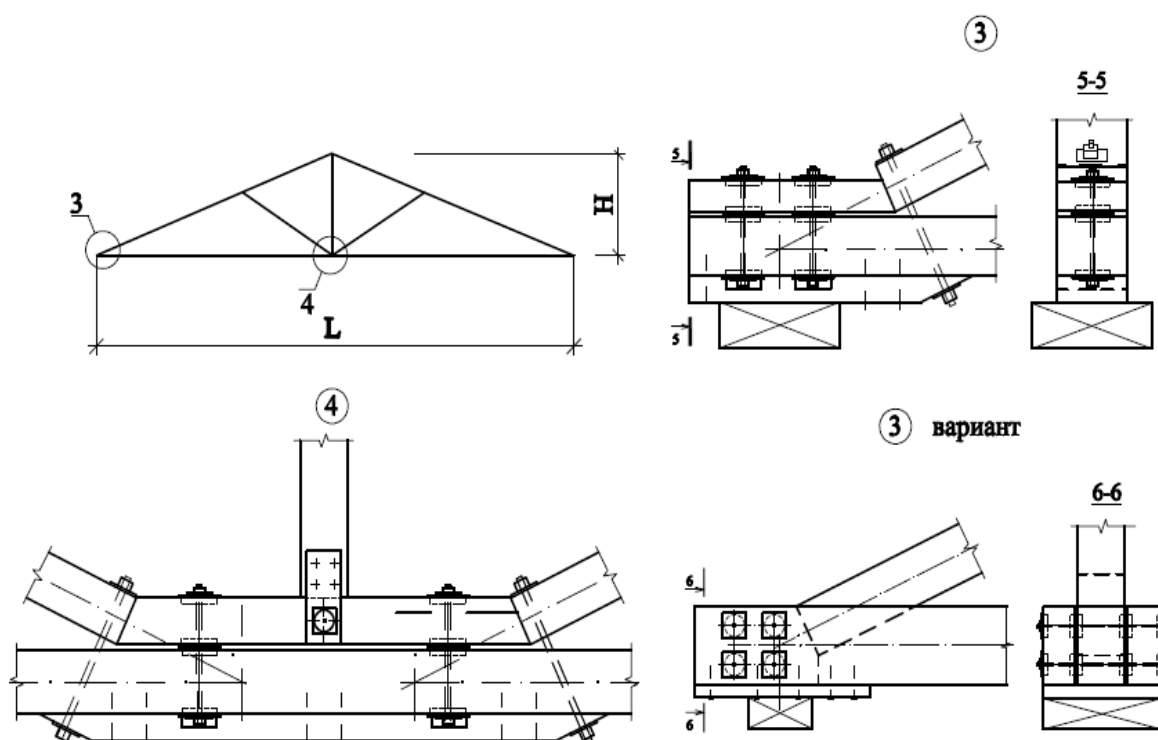


Рис.56. Конструктивное решение фермы треугольного очертания

Двух раскосная цельнодеревянная ферма. Ранее (в 30-50-х годах прошлого века) такие фермы применялись в покрытиях зданий пролетом до 18 м (рис.57). Фермы выполняются из толстых досок с соединяемыми в узлах на кольцевых шпонках. Преимущество таких ферм:

- простота сборки, которая может выполняться как в заводских, так и построечных условиях;
- повышенная несущая способность, т.к. сечение является монолитным т.е. менее ослаблено.

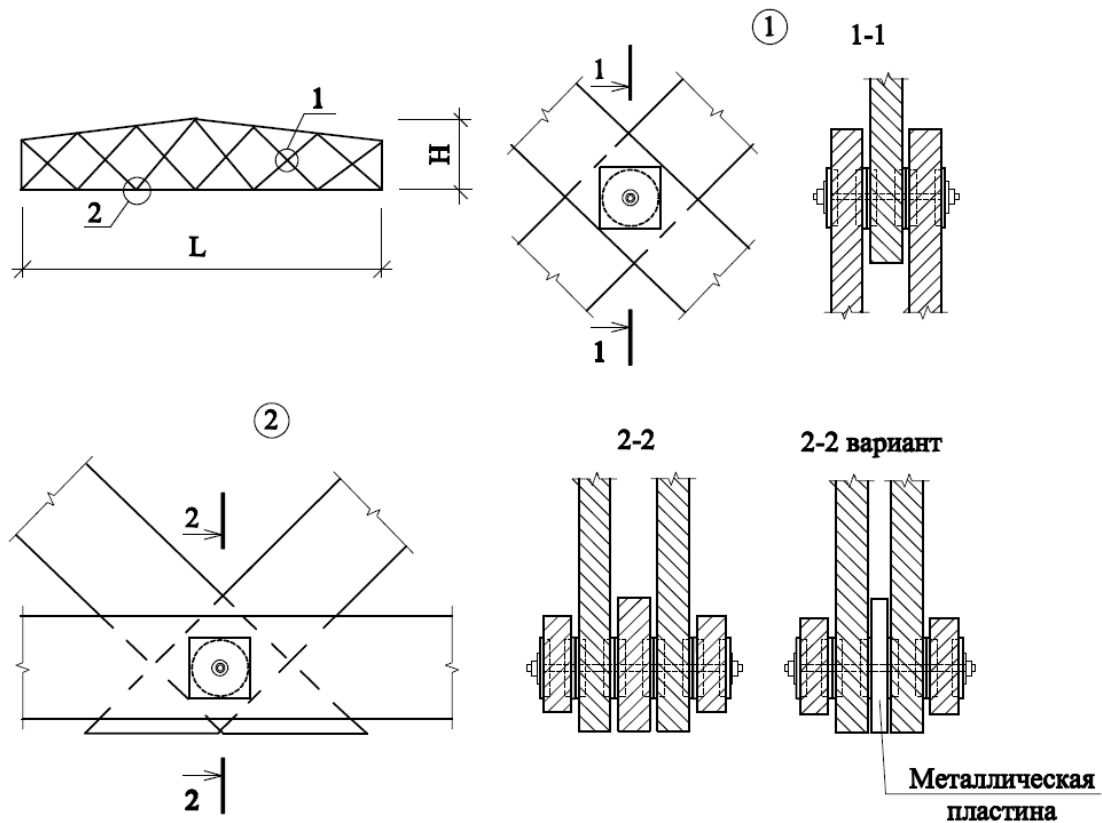


Рис.57. Конструктивное решение двух раскосной цельнодеревянной фермы

Треугольная цельнодеревянная 4-панельная ферма. Пролёт фермы  $L=6-9$  м,  $H=1/5 \cdot L$ , шаг установки ферм  $1,5 \div 3$  м. Панели фермы изготавливаются из толстых досок. Конструктивное решение фермы и узлов приведены на рис.58.

Треугольная цельнодеревянная 6-панельная ферма на КШ. Пролет фермы 12-24 м, шаг установки 3-4.5 м,  $H=1/5 \cdot L$ , коэффициент собственного веса  $K=4-6\%$ , коэффициент металла  $K=5-7\%$ , конструктивное решение фермы и узлов приведены на (рис.59).

Конструктивное решение опорных узлов ферм с применением центровых вклеенных кольцевых шпонок (рис. 60).

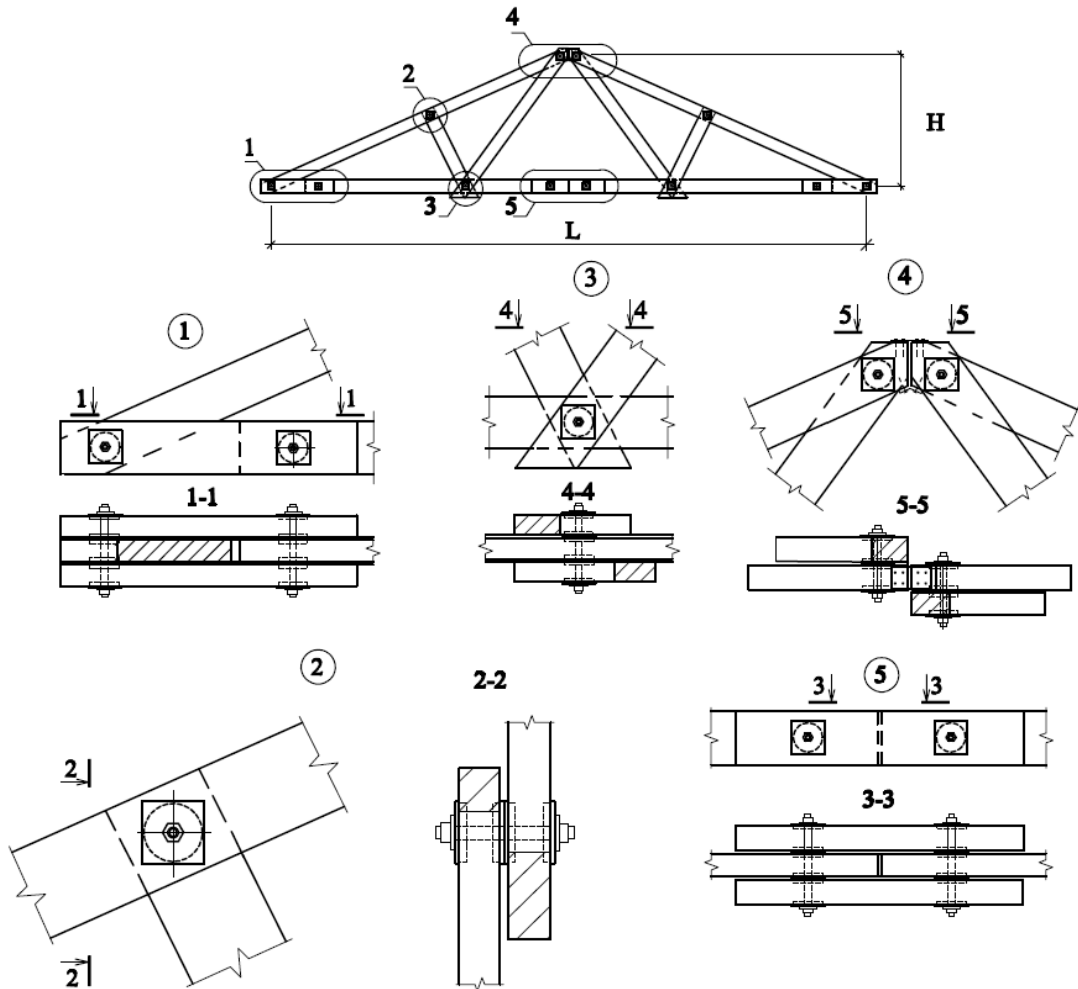


Рис.58. Конструктивное решение треугольной 4-панельной фермы и ее узлов:  
 1 – опорный узел; 2 – узел примыкания раскоса к верхнему поясу;  
 3 – стык нижнего элемента в середине пролета; 4 – коньковый узел с помощью гнутого полосового элемента; 5 – узел нижнего пояса

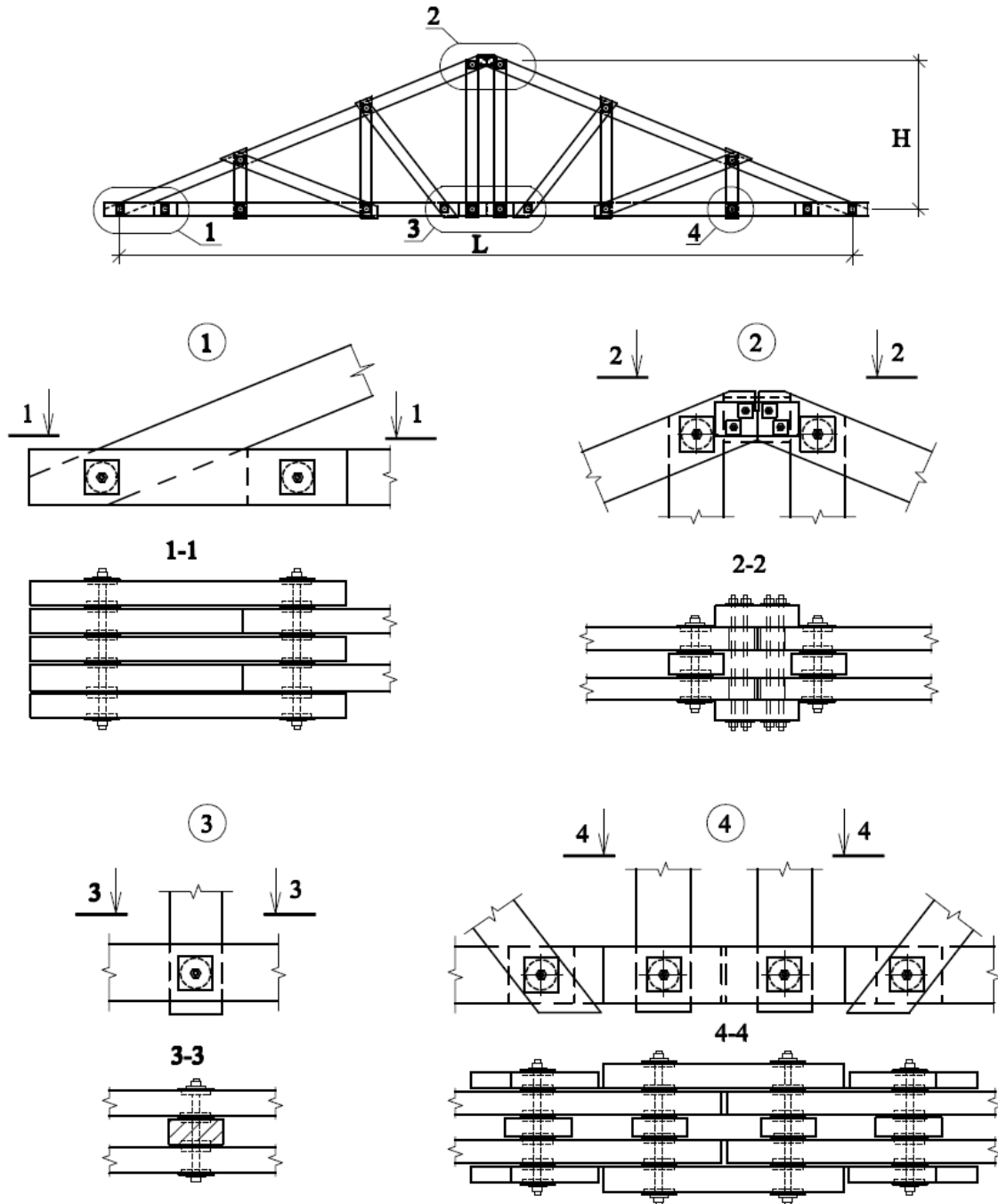


Рис.59. Конструктивное решение треугольной 6-панельной фермы и ее узлов:  
 1 – опорный узел; 2 – коньковый узел; 3 – стык стойки;  
 4 – стык нижних элементов в середине пролета

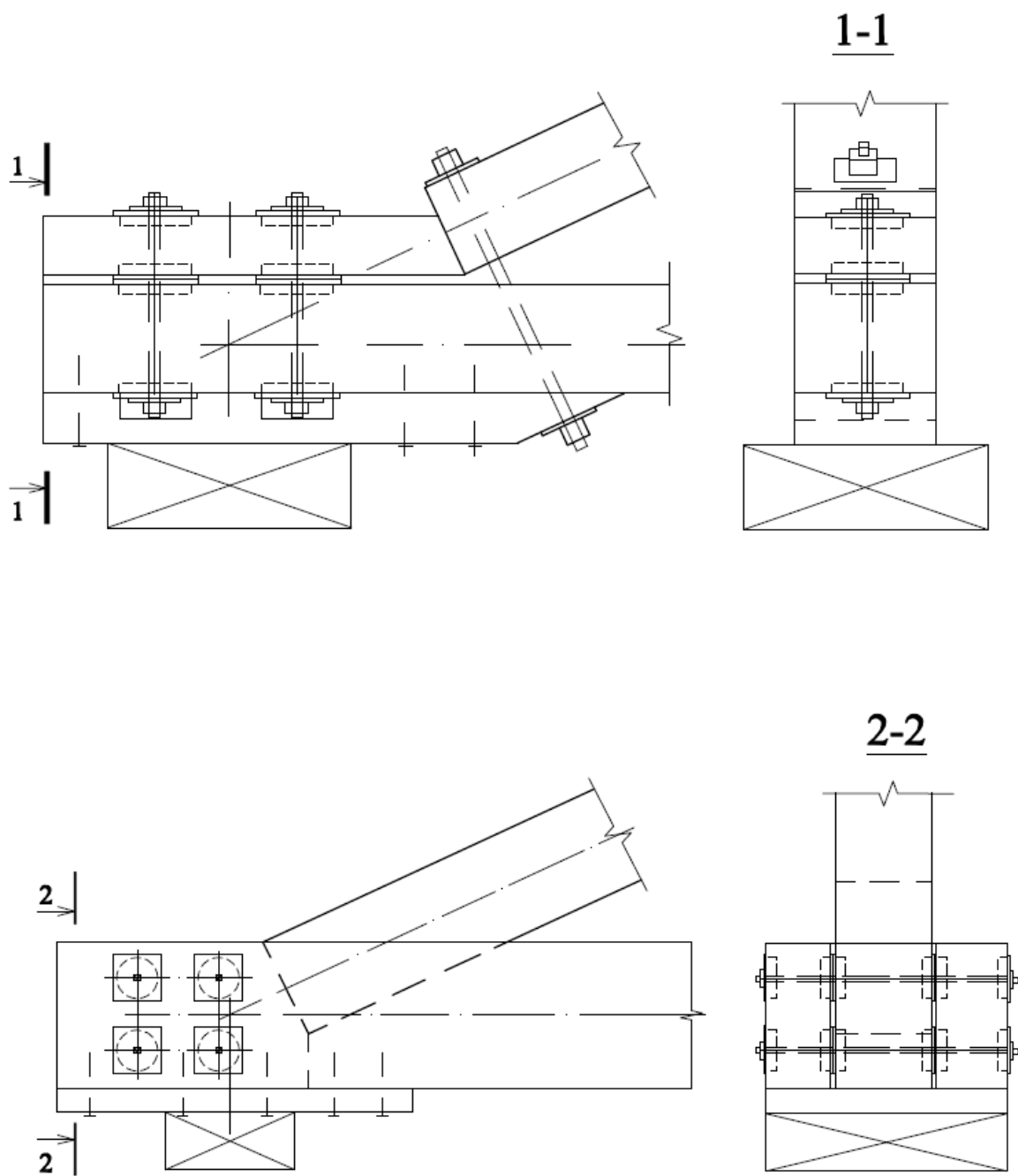


Рис.60. Конструктивное решение опорных узлов ферм

### 3.4. Жесткие узлы рам из цельных и клееных элементов.

Простейший и наиболее востребованный на сегодня цельнодеревянные рамы являются мансардная рама из дощатых элементов. Такие рамы применяются при пролетах до 12 м с относительно небольшим шагом расстановки (1-1,5 м). Общий вид рамы приведен на рис.61-а. Конструктивное решение рамы приведены на рис.61. Элементы мансардной рамы выполнены из досок целого сечения.

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 элементами (стойки). Для соединения могут использоваться 2 или 4 центровые клеенные шпонки рис. 61,б. Узел может быть решен с применением стальных накладок, поставленных с двух сторон узла рамы рис. 61,в.



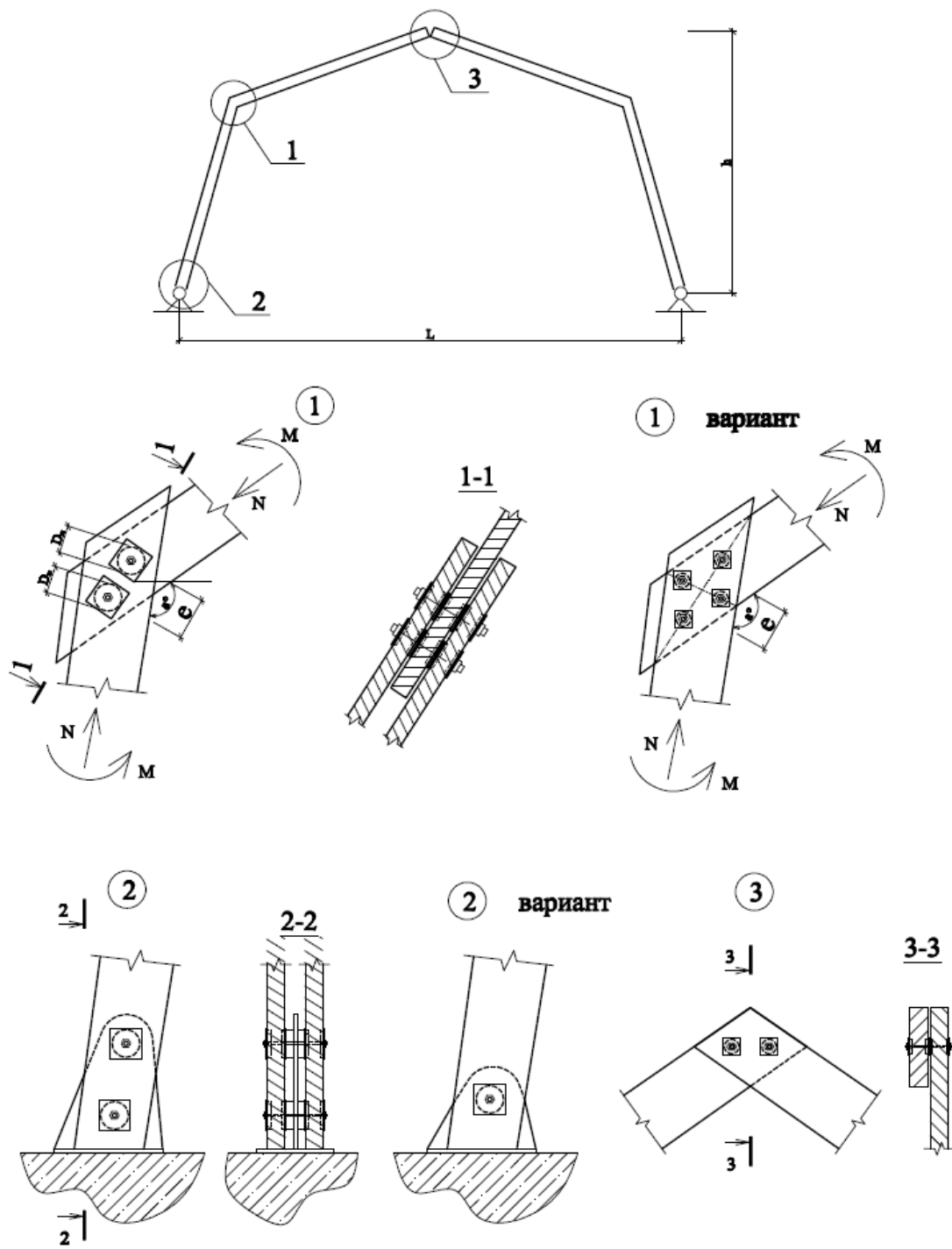


Рис.61.Общий вид и конструктивное решение жесткого карнизного узла мансардной дощатой рамы

### 3.5. Жесткие карнизные узлы клеенодощатых рам

Клееная дощатая рама выполняемая из прямолинейных элементов ригеля и стойки. Пролет  $L=12\div 30$  м,  $h=(1/20\div 1/30)\cdot L$ , шаг установки  $4\div 6$  м. Наиболее нагруженными и ответственным узлом таких рам является карнизный. В этом узле не только возникает наибольшие усилия изгибающего момента  $M$ , продольной  $N$  и перерезывающих сил  $Q$ , но и передача этих усилий происходит под углом к волокнам древесины как в стойке, так и в ригеле. Конструктивное решение рамы с жесткими карнизными узлами, приведено на рис.62.

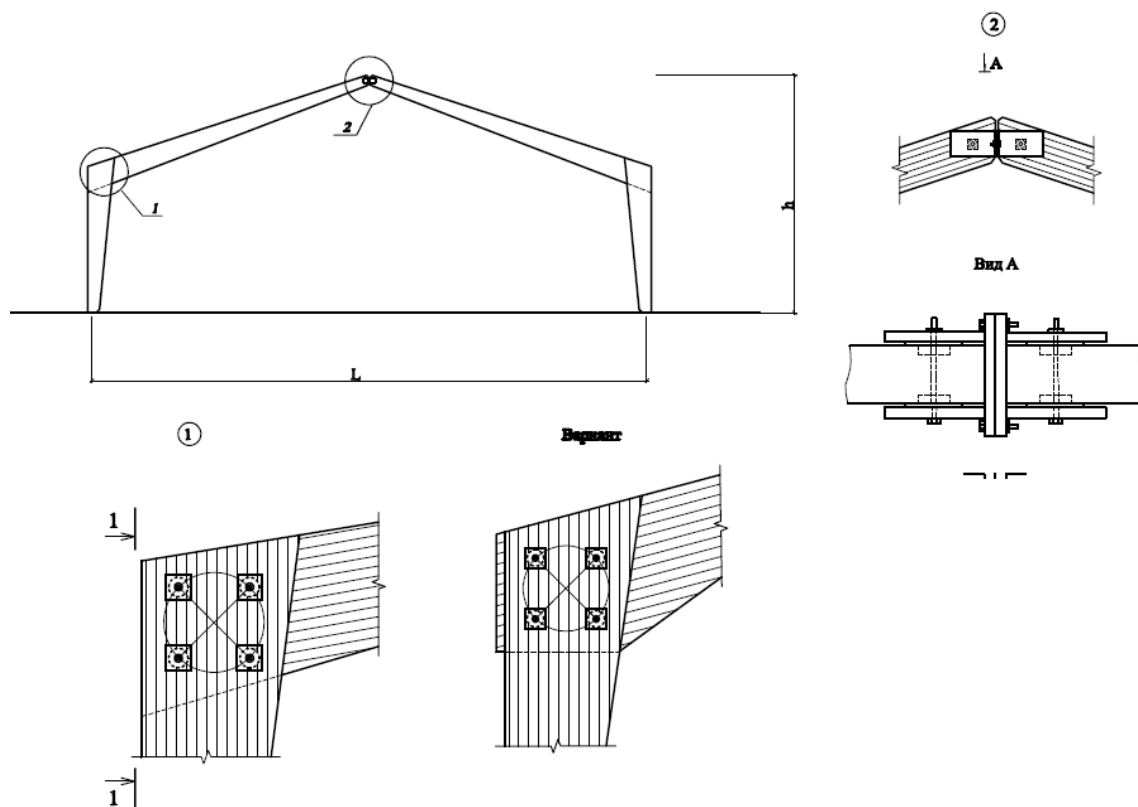


Рис.62. Общий вид и конструктивное решение дощатоклееной рамы:  
1 – жесткий карнизный узел рамы; 2 – коньковый узел рамы.

### 3.6. Жесткие узлы элементов дощатых и клеенодощатых арок

Арка из прямоугольных дощатых элементов. Пролёт арки  $L = 12\text{--}36\text{ м}$ ,  $h = (1/30\div 1/40)L$ , шаг установки арок  $3\div 4.5\text{ м}$ . Конструктивное решение арки приведено ниже на рис.63.

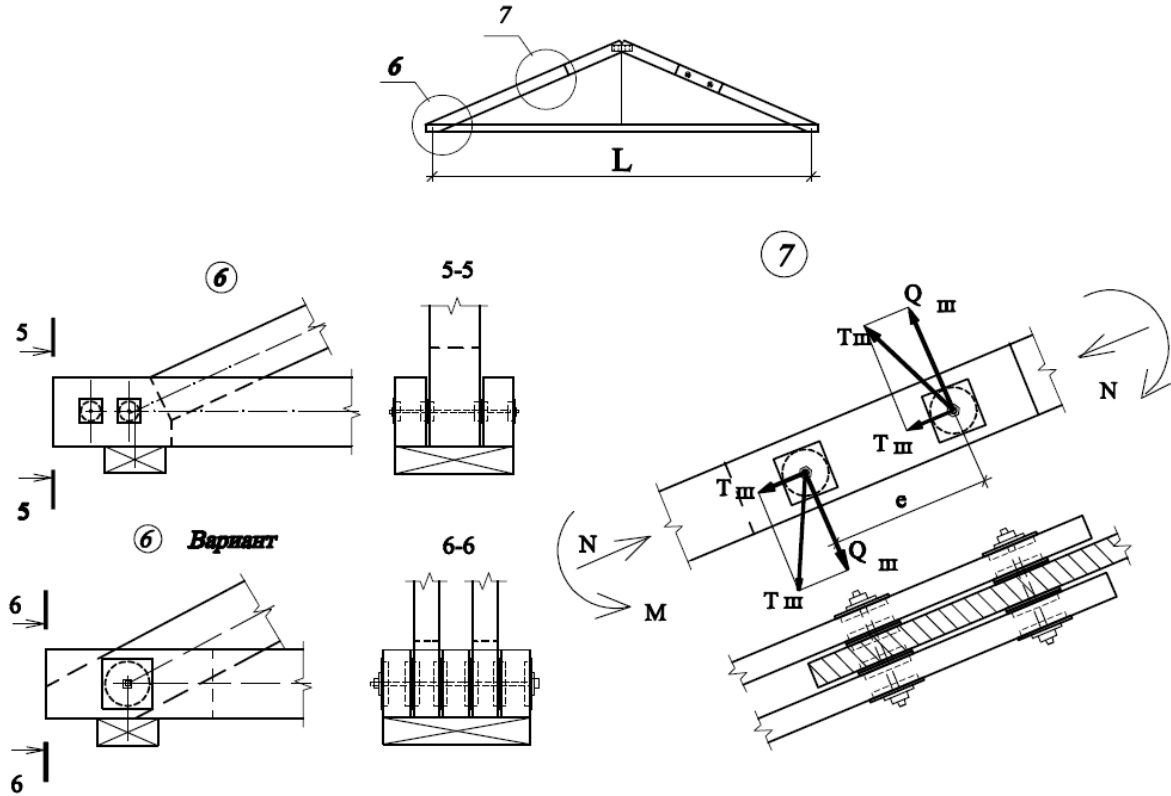


Рис.63. Конструктивное решение арки из прямоугольных дощатых элементов

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя особенности деревянных конструкций, приходим к выводу, что успешность применения их в строительстве зависит от степени использования в них положительных свойств древесины и устранения вредного влияния отрицательных. При этом изготовление стандартных элементов деревянных конструкций, а также блоков, составленных из них, или отдельных конструкций, изготавливаемых целиком, производится в заводских условиях с применением комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

При наличии местного сырья и малом масштабе строительства, отдаленности его и трудности транспортировки экономически обоснованным является построечный способ изготовления и возведения деревянных конструкций с применением простейших электроинструментов и приспособлений. Соответствующие этому способу возведения формы деревянных конструкций в настоящее время совершенствуются и модернизируются в направлении более рационального использования древесины по сравнению со старинными бревенчатыми и брусчатыми конструкциями путем отказа от сложных врубок и других видов трудоемких соединений.

Наибольшая экономия материалов и наименьшая трудоемкость изготовления и монтажа конструкций с обеспечением их высокого качества достигаются на основе дальнейшего укрепления индустриальной базы строительства, применения сборных крупноблочных конструкций, собираемых из частей и деталей заводского изготовления. Такой индустриальной базой в области деревянных конструкций являются в современных условиях заводы сборного деревянного домостроения с организованными при них цехами по изготовлению несущих деревянных конструкций, а также блоков или щитов ограждающих конструкций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abi O. Aghayere, Jason Vigil, Structural wood design: a practice-oriented approach using the ASD method. John Wiley and Sons, 2007
2. Агапов, В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций [Текст]: учеб. пособие / В.П. Агапов. – М.: Изд-во АВС, 2004.
3. Ашкенази, Е.К. Анизотропия конструкционных материалов [Текст]: Справочник / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов. – Л.: Ленинградское отд-е изд-ва «Машиностроение», 1980.
4. Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах [Текст] / К.А. Басов. – М.: КомпьютерПресс, 2002.
5. Басов, К.А. ANSYS для конструкторов [Текст] / К.А. Басов. – М.: «ДМК-пресс», 2009.
6. Басов, К.А. ANSYS и LMS Virtual Lab Геометрическое моделирование [Текст] / К.А. Басов. – М.: «ДМК-пресс», 2006.
7. Басов, К.А. ANSYS Справочник пользователя [Текст] / К.А. Басов. – М.: «ДМК-пресс», 2005.
8. Bathe, Klaus Jürgen Finite element procedures New Jersey: Prentice Hall, 1996
9. Бойтемиров, Ф.А. Расчет конструкций из дерева и пластмасс [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ф.А. Бойтемиров, В.М. Головина, Э.М. Улицкая. – М.: Академия, 2007.
10. Бывших, М.Д. Защитная обработка древесины [Текст] / М.Д. Бывших, Н.И. Фёдоров. – М.: Лесная промышленность, 1981.
11. Вахненко, В.Г. Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий. Справочник проектировщика [Текст] / В.Г. Вахненко, Н.Т. Андриенко. – Киев: Будевильник, 1987.
12. Вдовин, В.М. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст] / В.М. Вдовин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007.
13. Вдовин, В.М. Проектирование клеёнощитых и клеёфанерных конструкций [Текст]: учеб. пособие / В.М. Вдовин. – 2-е изд., испр. – М.: АСВ; Пенза: ПГАСА, 1999.
14. Ветрюк, И.М. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст]: учеб. пособие для вузов по специальности «ПГС» / И.М. Ветрюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1978.
15. ВНИИ НТПИ «Строительство и архитектура», серия: «Деревянные конструкции. Соединения деревянных конструкций», вып. 3 [Текст]. – М., 1988.

16. Гаппоев, М.М. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст]: учебник для вузов / М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко. – М.: АСВ, 2004.
17. Гестеши, Т. Деревянные сооружения гражданские и инженерные. Основы расчёта и конструирования [Текст] / Т. Гестеши; под ред. П.Я. Каменцева. – М.: Гостехиздат, 1929.
18. Гетс, К.Г. Атлас деревянных конструкций [Текст] / К.Г. Гетс, Д. Хоор, Ю. Меллер. – М.: Стройиздат, 1985.
19. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. пособие / В.Е. Гмурман. – М.: Юрайт, 2009.
20. Губенко, А.Б. Клеевые конструкции из досок [Текст] / А.Б. Губенко. – М.: Стройиздат, 1949.
21. Губенко, А.Б. Строительные конструкции с применением пластмасс [Текст] / А.Б. Губенко. – М.: Стройиздат, 1970.
22. Гуськов, И.М. Примеры проектирования конструкций из дерева и пластмасс [Текст] / И.М. Гуськов. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1978.
23. Гуськов, И.М. Ремонт деревянных конструкций [Текст]: учеб. пособие / И.М. Гуськов. – М.: МИСИ им. Куйбышева, 1982.
24. Donald E. Breyer, Design of wood structures–ASD. McGraw-Hill, 2003.
25. Donald E. Breyer, Kelly E. Cobeen, Design of wood structures-ASD/LRFD. McGraw-Hill Professional, 2007.
26. Деревянные конструкции в современном строительстве. Материалы Всесоюзного совещания [Текст]. – М., 1972.
27. Жаданов, В.И. Индустриальные пространственные деревянные конструкции [Текст] / В.И. Жаданов, П.А. Дмитриев, Ю.Д. Стрижаков, А.Г. Кондаков / В кн. Древесина в строительных конструкциях. – ЧССР, Братислава, 1984.
28. Жаданов, В.И. Соединения элементов деревянных конструкций на стальных винтовых крестообразных стержнях, работающих на выдергивание [Текст] / В.И. Жаданов, П.А. Дмитриев, Г.А. Столповский / Изв. вузов. Строительство. – Новосибирск. – 2010. – №4. – С. 133-137.
29. James Ambrose, Patrick Tripeny, Simplified Engineering for Architects and Builders. John Wiley and Sons, 2010
30. Жемочкин, Б.Н. Расчет рам [Текст] / Б.Н. Жемочкин. – М.: Стройиздат, 1965.
31. Judith J. Stalnaker, Ernest C. Harris, Structural design in wood. Springer, 1997.
32. Зубарев, Г.Н. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст] / Г.Н. Зубарев [и др.]. – М.: Академия, 2008.
33. Иванов, А.М. Строительные конструкции из полимерных материалов [Текст] / А.М. Иванов, Л.Д. Алгазинов, Д.В. Мартинец. – М.: Высшая школа, 1978.

34. Иванов, В.Ф. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст] / В.Ф. Иванов. – Л.: Изд-во литературы по строительству, 1966.
35. Иванов, В.А. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст] / В.А. Иванов, В.З. Клименко. – Киев, Вища школа, 1982.
36. Инжутов, И.С. Конструкции из дерева и пластмасс. Ч. 1. [Текст]: учеб. пособие / И.С. Инжутов, В.И. Жаданов, И.П. Пинайкин. – Оренбург – Красноярск – Иркутск: ОГУ-СФУ-ИрГТУ, ИПК ГОУ ОГУ, 2009.
37. Инжутов, И.С. Конструкции из дерева и пластмасс. Ч. 2. [Текст]: учеб. пособие / И.С. Инжутов, В.И. Жаданов, И.П. Пинайкин, В.В. Пуртунов. – Оренбург – Красноярск – Иркутск: ОГУ-СФУ-ИрГТУ, ИПК ГОУ ОГУ, 2009.
38. Каменцев, П.Я. Новый метод расчета деревянных конструкций [Текст] / П.Я. Каменцев // Труды МИИКС. – 1947. – Вып. 4.
39. Канн, Э.А. Деревянные конструкции в современном строительстве [Текст] / Э.А. Канн, Е.Н. Серов. – Кишинев: Штиинца, 1981.
40. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство [Текст] / А.Б. Каплун. – М.: Едиториал УРСС, 2003.
41. Keith F. Faherty, Thomas G. Williamson, Wood engineering and construction handbook, McGraw-Hill Professional, 1997.
42. Ковальчук, Л.М. Деревянные конструкции в строительстве [Текст] / Л.М. Ковальчук, С.Б. Турковский, Ю.В. Пискунов. – М.: Стройиздат, 1995.
43. Кочетков, Д.А. Деревянные конструкции в жилищно-коммунальном строительстве [Текст] / Д.А. Кочетков. – М.: Л.: Изд-во Минкомхоза, 1950.
44. Кузнецов, А.В. Узловые сопряжения деревянных ферм [Текст] / А.В. Кузнецов. – М.: Госиздат, 1932.
45. Мейер-Бое, В. Строительные конструкции зданий и сооружений [Текст] / В. Мейер-Бое; пер. с нем. Ю.Н. Потапова; под ред. З.А. Казбек-Казиева. – М.: Стройиздат, 1993.
46. Нормы и технические условия проектирования деревянных конструкций (Н и ТУ-2-47) [Текст]. – М.: Стройиздат, 1948.
47. Орлович, Р.Б. Тенденции в развитии соединений деревянных конструкций в строительстве за рубежом [Текст] / Р.Б. Орлович // Известия вузов. Строительство. – 2004. – № 11.
48. Освенский, Б.А. Скалывание и раскалывание в деревянных конструкциях [Текст] / Б.А. Освенский. – М.: МИСИ им. Куйбышева, М., 1978.
49. Отрежко, С.И. Применение деревянных конструкций в строительстве [Текст] / С.И. Отрежко. – М.: Стройиздат, 1947.
50. Отрешко, А.И. Справочник проектировщика «Деревянные конструкции» [Текст] / А.И. Отрешко. – М.: Стройиздат, 1957.

51. Питлюк, Д.А. Испытание строительных конструкций на моделях [Текст] / Д.А. Питлюк. – Л.: Ленинградское отделение, Стройиздат, 1971.
52. Питлюк, Д.А. Расчет строительных конструкций на основе моделирования [Текст] / Д.А. Питлюк. – М.: Стройиздат, 1965.
53. Пособие по расчётным характеристикам клеевых соединений для строительных конструкций [Текст]. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972.
54. Рекомендации по проектированию соединений элементов деревянных конструкций с передачей усилий стальными стержнями, вклеенными поперек волокон [Текст]. – М.: ЦНИИпромиздат, 1984.
55. Руководство по индустриальному изготовлению деревянных клеёных конструкций [Текст]. – М.: Стройиздат, 1975.
56. Руководство по обеспечению долговечности деревянных клеёных конструкций при воздействии на них микроклимата зданий различного назначения и атмосферных факторов [Текст]. – М.: Стройиздат, 1981.
57. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций [Текст]. – М.: Стройиздат, 1977.
58. Селяев, В.П. Статистические методы планирования и анализа эксперимента в строительстве [Текст]: учеб. пособие / В.П. Селяев, Т.А. Низина, А.Л. Лазарев. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та 2004.
59. Селяев, В.П. Теория эксперимента и статистические методы исследования строительных материалов, изделий, конструкций [Текст] / В.П. Селяев [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010.
60. Слицкоухов, Ю.В. Индустриальные деревянные конструкции. Примеры проектирования [Текст] / Ю.В. Слицкоухов. – М.: Стройиздат, 1991.
61. Слицкоухов, Ю.В. Конструкции из дерева и пластмасс [Текст]: учебник для ВУЗов / Ю.В. Слицкоухов [и др.]; под ред. Ю.В. Карлсена. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986.
62. СН-528-80. Перечень физических соединений, подлежащих применению в строительстве. Госстрой СССР. – М., Стройиздат, 1981.
63. СНиП 2-01.07-85. Нагрузки и воздействия [Текст]. – М., Стройиздат, 1985.
64. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции [Текст]. – М., Стройиздат, 1980г.
65. СНиП III. 19-76. Правила производства и приемки работ. Деревянные конструкции [Текст]. – М., Стройиздат, 1976.
66. СНиП-II-23-81, «Стальные конструкции». М., Стройиздат, 1982г.
67. Соколовский, Б.С. Деревянные конструкции в строительстве [Текст] / Б.С. Соколовский. – М.: Стройиздат, 1973.
68. Степанов, М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник [Текст] / М.Н. Степанов. – М.: Машиностроение, 1985.



69. Турковский, С.Б. Исследование монтажных соединений клееных деревянных конструкций. (Несущие деревянные конструкции) [Текст] / С.Б. Турковский, В.В. Саянин. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 1981.

70. Хечумов, Р.А. Применение метода конечных элементов к расчету конструкций [Текст]: учеб. пособие для ВТУЗов / Р.А. Хечумов [и др.]. – М.: Изд-во АВС, 1994.

71. Хрулев, В.М. Деревянные конструкции и детали. Справочник строителя [Текст] / В.М. Хрулев. – М.: Стройиздат, 1982.

72. Хрулев, В.М. Производство конструкций из дерева и пластмасс [Текст]: учеб. пособие для строительной специальности ВУЗов / В.М. Хрулев. – 2-е изд. перераб. и доп., М., Высшая школа, 1989.

73. Хрулев, В.М. Деревянные конструкции и детали [Текст] / В.М. Хрулев, К.Я. Мартынов, С.В. Лукачев, Г.М. Шутов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1995. – 378 с.

74. Цепаев, В.А. Металлические зубчатые пластины для соединения деревянных конструкций [Текст] / В.А. Цепаев // Информ. Листок №94-79 Горьковского ЦНТИ. – Горький, 1979.

75. Цепаев, В.А. Основы реконструкции деревянных конструкций зданий и сооружений [Текст] / В.А. Цепаев. – Нижний Новгород: Полиграфцентр ННГАСУ, 2005.

76. ЦНИИСК Кучеренко В.А. Рекомендации по проектированию и изготовлению деревянных конструкций с соединениями на пластинах с цилиндрическими нагелями (система КирПИ-ЦНИИСК). – М., 1988.

77. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП-II-25-80). – М.: Стройиздат, 1986.

78. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций [Текст]. – М.: Стройиздат, 1981.

79. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций [Текст]. – М.: Стройиздат, 1977.

80. Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров [Текст]: справочное пособие / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук. – М.: Машиностроение-I, 2004.

81. Ярцев, В.П. Проектирование и испытание деревянных конструкций [Текст]: учеб. пособие / В.П. Ярцев, О.А. Киселева. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005.

82. Protool. Каталог Сверл-Фрез [Электронный ресурс]: [сайт].[2008]. Url:<http://www.protool.ru/catalog.aspx?catID=2930> (дата обращения 17.02.2010).

83. Арискин, М.В. Соединения на клеенных стальных шайбах [Текст]: сб. ст. III Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. –

Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2004. – С. 175-177.

84. Арискин, М.В. Экспериментальные исследования соединений на клеенных шайбах [Текст]: сб. рефератов докладов науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Студенческая наука – интеллектуальный потенциал XXI века. – Пенза: ПГУАС, 2005. – С. 35.

85. Арискин, М.В. Экспериментальные исследования соединений на клеенных стальных шайбах [Текст]: сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2005. – С. 147-152.

86. Арискин, М.В. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст]: сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2005. – С. 152-157.

87. Арискин, М.В. Технология изготовления элементов конструкций на клеенных стальных шайбах [Текст]: сб. рефератов докладов науч.-техн. конф. / М.В. Арискин // Студенческая наука – интеллектуальный потенциал XXI века. – Пенза: ПГУАС, 2006. – С. 38.

88. Арискин, М.В. К оценке работы несущей способности соединений на клеенных шайбах [Текст]: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2006. – С. 18-23.

89. Арискин, М.В. Оценка несущей способности клеенной кольцевой шайбы в стыковых соединениях деревянных конструкций [Текст]: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2006. – С. 23-28.

90. Арискин, М.В. Жесткий сборно-разборный узел клееных деревянных рам [Текст]: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2006. – С. 28-31.

91. Арискин, М.В. Применение клеенных стальных шайб в стыковых соединениях элементов деревянных конструкций [Текст]: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф./ М.В. Арискин [и др.] // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2006. – С. 131-135.

92. Арискин, М.В. Клееметаллические соединения в несущих деревянных конструкциях [Текст] / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Региональная архитектура и строительство. – 2007. – №1 (2). – С. 18-23.

93. Арискин, М.В. Жесткий карнизный узел клееных деревянных рам с вклеенными стальными шайбами [Текст] / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Региональная архитектура и строительство. – 2007. – № 2(3). – С. 84-89.

94. Арискин, М.В. Экспериментальное исследование соединений на вклеенных стальных шайбах при передаче усилий под углом к волокнам [Текст]: сб. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2008. – С. 61-65.

95. Арискин, М.В. Жесткий узел клееных деревянных конструкций с применением стальных шайб [Текст]: сб. ст. VII Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2008. – С. 61-65.

96. Арискин, М.В. Теоретические исследования работы жесткого узла клееных деревянных конструкций с применением вклеенных шайб [Текст]: сб. ст. VII Междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. – Пенза: ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2008. – С. 65-69.

97. Арискин, М.В. Расчет несущей способности соединений на вклеенных шайбах при передаче усилий вдоль волокон [Текст] / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Приволжский научный журнал. ННГАСУ. – 2009. – №1 (9). – С. 36-40.

98. Арискин М.В., Вдовин В.М. Области рационального и возможного применения соединений на вклеенных стальных шайбах [Текст]: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Проблемы современного строительства. – Пенза: ПГУАС, 2009. – С. 102-105.

99. Арискин, М.В. Технология изготовления конструкций на вклеенных стальных шайбах [Текст]: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Проблемы современного строительства. – Пенза: ПГУАС, 2009. – С. 105- 07.

100. Арискин, М.В. Особенности работы и расчета жестких узлов клееных деревянных конструкций на вклеенных шайбах [Текст] / М.В. Арискин, В.М. Вдовин, С.Ю. Кравцов // Региональная архитектура и строительство. – 2009. – № 1(6). – С.69-73.

101. Арискин, М.В. Напряжено-деформированное состояние элемента с вклеенными стальными шайбами [Текст] / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Вестник ВОЛГАСУ. – 2009. – №13(32). – С. 36-42.

102. Арискин М.В., Вдовин В.М. Определение несущей способности соединений на клеенных шайбах при передаче усилий вдоль волокон [Текст] / М.В. Арискин, В.М. Вдовин // Приволжский научный журнал. ННГАСУ. – 2009. – №4 (12). – С. 21-27.

103. Вдовин, В.М. Исследование работы соединений на клеенных кольцевых шпонках при передаче усилий под углом к волокнам древесины [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов, М.С. Галахов // Сб. ст. – Пенза: ПГАСА, 2002. – С. 280-287.

104. Вдовин, В.М. Высокопрочное соединение с применением полимерных клеевых композиций. Композиционные строительные материалы: теория и практика [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов, М.С. Галахов, В.Л. Ишкин // Сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2000. – С.46-49.

105. Вдовин, В.М. Исследование работы соединений на клеенных кольцевых шпонках при передаче усилий под углом к волокнам древесины. Эффективные строительные конструкции: теория и практика [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов, М.С. Галахов // Сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2002. – С. 280-287.

106. Вдовин, В.М. Соединения на клеенных кольцевых центровых шпонках. Эффективные строительные конструкции: теория и практика [Текст] / В.М. Вдовин, А.И. Мухаев // Сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2002.

107. Вдовин, В.М. К вопросу о соединении деревянных элементов на клеенных кольцевых центровых шпонках. Вопросы планировки и застройки городов [Текст] / В.М. Вдовин, А.И. Мухаев // Материалы X Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза: Пензенское отделение общества урбанистов, 2003.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ПРИМЕНЕНИЕ НЕСУЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ В СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	6
2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РОССИЙСКОМ И ЗАРУБЕЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	15
2.1. Классификация соединений .....	15
2.2. Соединения на механических связях .....	16
2.3 Соединения на клеях.....	22
2.4. Кольцевые разрезные шпонки фирмы "Тухшерер", Бреславль	24
2.5. Кольцевые шпонки с лопастями фирмы "Дегалль" .....	26
2.6. Тавровые кольцевые шпонки фирмы "Кристоф и Унмак" .....	27
2.7 Пружинящие дисковые шпонки инженера Шульца.....	29
2.8. Когтевые шайбы фирмы "Метцке и Грейм" .....	30
2.9. Стальные призматические шпонки со стальными накладками..	31
2.10. Соединения на Т-образных шпонках .....	31
2.11. Соединение на гладких кольцевых шпонках .....	32
2.12. Шпонки и шайбы особых типов .....	36
2.13. Соединения на шайбах шпоночного типа .....	38
2.14. Клеестальные шайбы .....	41
2.15. Усовершенствованные соединения деревянных конструкций на гладких кольцевых шпонках и клеестальных шайбах.....	42
2.16. Винтовые соединения .....	50
2.17. Вклеенные стальные стержни.....	52
3. ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО И ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ НА ШПОНКАХ И ШАЙБАХ.....	61
3.1. Стыки и сопряжения растянутых и сжатых деревянных элементов.....	63
3.2. Балки .....	65
3.3. Конструкции узлов цельнодеревянных ферм .....	66
3.4. Жесткие узлы рам из цельных и клееных элементов. ....	72
3.5. Жесткие карнизные узлы клеешпунчатых рам .....	74
3.6. Жесткие узлы элементов дощатых и клеешпунчатых арок .....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	77





Учебное издание

Арискин Максим Васильевич  
Болдырев Сергей Александрович

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ  
И ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ.  
ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

Учебное пособие  
Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции  
Верстка Н.В. Кучина



---

Подписано в печать 18.11.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 5,115. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 80 экз.  
Заказ № 404.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.