

МКС 91.080.20

к ТКП 45-5.05-146-2009 (02250) Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования

| В каком месте | Напечатано | Должно быть |
|--|-------------------|-------------------|
| Пункт 9.4.1.3 | (см. рисунок 9.4) | (см. рисунок 9.5) |
| Пункт 9.4.1.6. Таблица 9.4. Графа «Значение коэффициента $\beta_{л,маx}$. Для гвоздей из стальной проволоки | 0,077 | 0,77 |

(ИУ ТНПА № 5-2013)

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ
Строительные нормы проектирования

ДРАЎЛЯНЫЯ КОНСТРУКЦЫІ
Будаўнічыя нормы праектавання

Издание официальное

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Минск 2009

Ключевые слова: древесина, фанера, конструкции деревянные, прочность, напряжение расчетное, сопротивление расчетное, соединения, воздействия, нагрузка, значение нормативное, сорт, влажность

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Металлические и деревянные конструкции» (ТКС 09). Руководитель темы, все разделы и приложения — д. т. н., Найчук А. Я., филиал РУП «Институт БелНИИС» — Научно-технический центр; разделы 7, 9 и 10 — д. т. н., проф. Серов Е. Н., СПБГАСУ; все разделы — к. т. н., проф. Захаркевич И. Ф., БрТУ; разделы 7, 8 — к. т. н., доцент Березовский Л. Ф., БНТУ; разделы 6.2, 6.3 — к. т. н., доцент Оковитый А. В., БНТУ; разделы 4, 5, 9.3, 9.6 — к. т. н., Петрукович А. Н., филиал РУП «Институт БелНИИС» — Научно-технический центр; раздел 10.9 — к. т. н., доцент Головач В. Н., БНТУ; раздел 9.4 — к. т. н., доцент Згировский А. И., БНТУ; разделы 8, 9.3 — к. т. н., доцент Иванов В. А., БНТУ.

ВНЕСЕН главным управлением научно-технической политики и лицензирования Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 17 июля 2009 г. № 227

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 5.05 «Деревянные конструкции и изделия»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой СНБ 5.05.01-2000)

© Минстройархитектуры, 2009

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

Содержание

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Область применения | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки | 1 |
| 3 | Термины и определения | 2 |
| 4 | Обозначения и сокращения | 3 |
| 4.1 | Основные символы | 3 |
| 4.2 | Подстрочные индексы | 3 |
| 4.3 | Обозначения | 4 |
| 5 | Общие требования к проектированию | 8 |
| 5.1 | Общие положения | 8 |
| 5.2 | Требования к проектированию деревянных конструкций | 8 |
| 5.3 | Конструктивные требования по обеспечению долговечности деревянных конструкций | 9 |
| 5.4 | Требования к оформлению рабочей документации | 10 |
| 6 | Материалы | 11 |
| 6.1 | Цельная и клееная древесина | 11 |
| 6.1.1 | Общие положения | 11 |
| 6.1.2 | Классификация нагрузок | 12 |
| 6.1.3 | Коэффициенты условий работы для учета продолжительности действия нагрузок и условий эксплуатации | 13 |
| 6.1.4 | Расчетные сопротивления древесины | 13 |
| 6.1.5 | Деформативность древесины | 17 |
| 6.2 | Фанера | 18 |
| 6.2.1 | Общие требования | 18 |
| 6.2.2 | Расчетные сопротивления фанеры | 18 |
| 6.2.3 | Модули упругости и сдвига фанеры | 19 |
| 6.3 | Клеи | 20 |
| 7 | Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям I группы | 20 |
| 7.1 | Общие положения | 20 |
| 7.2 | Центрально растянутые элементы | 20 |
| 7.3 | Центрально сжатые элементы | 21 |
| 7.4 | Изгибаемые элементы | 24 |
| 7.5 | Растянуто-изгибаемые и внецентренно растянутые элементы | 26 |
| 7.6 | Сжато-изгибаемые и внецентренно сжатые элементы | 27 |
| 7.7 | Расчетные длины и предельные гибкости элементов деревянных конструкций | 29 |
| 7.8 | Клееные элементы из фанеры с древесиной | 30 |
| 8 | Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям II группы | 34 |

| | | |
|--|--|----|
| 9 | Соединения элементов деревянных конструкций | 36 |
| 9.1 | Общие положения | 36 |
| 9.2 | Клеевые соединения | 36 |
| 9.3 | Соединения на врубках..... | 39 |
| 9.4 | Соединения на цилиндрических нагелях | 40 |
| 9.4.1 | Соединения древесины с древесиной | 40 |
| 9.4.2 | Соединения древесины со стальными пластинами | 43 |
| 9.4.3 | Расстановка нагелей..... | 44 |
| 9.5 | Соединения на гвоздях и шурупах, работающих на выдергивание | 46 |
| 9.6 | Соединения на клеенных стальных стержнях..... | 47 |
| 9.6.1 | Общие требования | 47 |
| 9.6.2 | Стержни, работающие на вдавливание или выдергивание вдоль волокон древесины | 47 |
| 9.6.3 | Стержни, работающие на вдавливание или выдергивание поперек волокон древесины | 48 |
| 9.6.4 | Наклонно клеенные стержни и их соединения | 50 |
| 9.6.5 | Клеенные стальные нагели | 51 |
| 10 | Основные требования по конструированию и расчету деревянных конструкций | 52 |
| 10.1 | Общие требования | 52 |
| 10.2 | Настилы, обрешетки и прогоны..... | 54 |
| 10.3 | Плиты покрытий и панели стен | 55 |
| 10.4 | Балки..... | 55 |
| 10.5 | Колонны | 57 |
| 10.6 | Фермы..... | 57 |
| 10.7 | Плоские рамы | 57 |
| 10.8 | Плоские арки..... | 58 |
| 10.9 | Связи..... | 60 |
| Приложение А (обязательное) Нормативные и временные сопротивления древесины сосны и ели | | 61 |
| Приложение Б (обязательное) Графики для расчета фанерных стенок балок и плит | | 62 |

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ
Строительные нормы проектирования**ДРАЎЛЯНЫЯ КОНСТРУКЦЫІ**
Будаўнічыя нормы праектаванняWood constructions
Building norms of designing

Дата введения 2010-01-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) распространяется на проектирование деревянных конструкций новых и реконструируемых зданий и сооружений, выполненных из древесины или плитных материалов на ее основе, склеенных или скрепленных механическими крепежными элементами, эксплуатируемых в условиях постоянного или длительного нагрева, если установившаяся температура окружающего воздуха не превышает 50 °С — для конструкций из цельной древесины и 35 °С — для конструкций из клееной древесины.

Настоящий технический кодекс не распространяется на расчет огнестойкости конструкций и их узлов, а также проектирование деревянных конструкций мостов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):¹⁾

ТКП 45-2.02-110-2008 (02250) Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости

ТКП 45-2.01-111-2008 (02250) Защита строительных конструкций от коррозии. Строительные нормы проектирования

СТБ 1591-2005 Конструкции деревянные и металлодеревянные. Методы испытаний нагружением.

Правила оценки прочности и жесткости

СТБ 1711-2007 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия

СТБ 1712-2007 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия

СТБ 1713-2007 Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия

СТБ 1714-2007 Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия

СТБ 1722-2007 Изделия деревянные клееные. Общие технические условия

ГОСТ 21.101-93 Система проектной документации для строительства. Основные требования к рабочей документации

ГОСТ 21.501-93 СПДС. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей

ГОСТ 3916.1-96 Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород.

Технические условия

ГОСТ 3916.2-96 Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород. Технические условия

Технические условия

ГОСТ 11047-90 Детали и изделия деревянные для малоэтажных жилых и общественных зданий.

Технические условия

¹⁾ СНБ, СНиП имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

ГОСТ 11539-83 Фанера бакелизированная. Технические условия

ГОСТ 15613.1-84 Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон

ГОСТ 15613.4-78 Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе

ГОСТ 18321-73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции

ГОСТ 20736-75 Статистический приемочный контроль по количественному признаку. Планы контроля

ГОСТ 21554.4-78 Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при продольном сжатии

ГОСТ 21554.5-78 Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при продольном растяжении

ГОСТ 21554.6-78 Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон

СНБ 2.02.01-98 Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов

СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия

СНиП II-23-81* Стальные конструкции.

Примечание — При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 влажность древесины: Процентное содержание свободной воды в полостях и гигроскопической воды в порах древесины.

3.2 воздействия (влияния), вызывающие напряжения в элементах конструкции либо их перемещения: Нагрузка, усилие, приложенные к конструкции (прямое воздействие), или вынужденная деформация (косвенное воздействие), возникшая в результате изменения температуры или влажности.

3.3 конструктивная система: Совокупность несущих элементов (конструкций), образующих по определенным правилам пространственную систему, обеспечивающую заданные эксплуатационные функции здания или сооружения.

3.4 нагель: Цилиндрический стержень или пластинка, обычно из стали (но может быть из другого материала, пластмассы или дерева), плотно помещенный в предварительно просверленное отверстие или гнездо и применяемый для передачи внутренних усилий, действующих перпендикулярно его оси.

3.5 надежность конструкции: Свойство конструкции выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих требуемым режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

3.6 нормативное сопротивление древесины (сжатию — $f_{c,k}$; растяжению — $f_{t,k}$; скалыванию — $f_{v,k}$): Пятипроцентный квантиль статистического распределения прочности древесины при одноосном напряженном состоянии.

3.7 предельное состояние: Состояние, при достижении которого конструктивная система или составляющий ее элемент перестают удовлетворять предъявляемым к ним требованиям.

3.8 прочность древесины при растяжении (f_t): Значение растягивающих напряжений в древесине в момент ее разрушения при одноосном напряженном состоянии.

3.9 прочность древесины при сжатии (f_c): Значение сжимающих напряжений в древесине в момент ее разрушения при одноосном напряженном состоянии.

3.10 прочность древесины при скалывании (f_v): Значение скалывающих напряжений в древесине в момент ее разрушения при одноосном напряженном состоянии.

3.11 равновесная влажность: Влагосодержание, при котором древесина не приобретает и не отдает влагу в окружающую среду.

3.12 расчетная модель: Идеализированное описание конструктивной системы, используемое с целью анализа и расчета конструкции либо ее элемента.

3.13 расчетное сопротивление древесины (сжатию — $f_{c,d}$; растяжению — $f_{t,d}$; скалыванию — $f_{v,d}$): Сопротивление древесины, принимаемое при расчете конструкций по I и II группам предельных состояний, получаемое путем деления нормативного значения сопротивления на коэффициент надежности древесины γ_m и умножения на базисный коэффициент длительности k_d .

3.14 сорт древесины: Показатель качества древесины, устанавливаемый в зависимости от допустимых пороков и обозначаемый числом, меньшее значение которого соответствует более высокому качеству.

4 Обозначения и сокращения

4.1 Основные символы

Обозначения, применяемые в настоящем техническом кодексе, основаны на использовании приведенных ниже основных символов и производных от них.

| | |
|-------------|---|
| <i>A</i> | — площадь сечения; |
| <i>E</i> | — модуль упругости; |
| <i>F</i> | — воздействие (сила); |
| <i>H</i> | — высота конструкции; |
| <i>J</i> | — момент инерции; |
| <i>L</i> | — длина конструкции; |
| <i>M</i> | — изгибающий момент; |
| <i>R</i> | — несущая способность; |
| <i>S</i> | — статический момент; |
| <i>T</i> | — внутреннее усилие; |
| <i>V</i> | — сдвигающее усилие; |
| <i>W</i> | — момент сопротивления; |
| <i>a</i> | — геометрические данные, расстояние; |
| <i>b</i> | — ширина сечения; |
| <i>d</i> | — диаметр, глубина; |
| <i>e</i> | — эксцентриситет; |
| <i>f</i> | — прочность материала; |
| <i>h</i> | — высота сечения; |
| <i>i</i> | — радиус инерции; |
| <i>k</i> | — коэффициент, всегда с подстрочным индексом; |
| <i>l</i> | — пролет, длина; |
| <i>m</i> | — масса; |
| <i>r</i> | — радиус; |
| <i>s</i> | — шаг; |
| <i>t</i> | — толщина; |
| <i>x, y</i> | — координаты; |
| α | — угол, отношение; |
| β | — угол, отношение; |
| γ | — частный коэффициент; |
| γ_m | — частный коэффициент для свойств материала; |
| λ | — гибкость; |
| ρ | — плотность; |
| σ | — нормальное напряжение; |
| τ | — сдвигающее (касательное) напряжение. |

4.2 Подстрочные индексы

| | |
|----------|--------------|
| <i>c</i> | — сжатие; |
| <i>d</i> | — расчетный; |

| | |
|--------------|--|
| k | — нормативный; |
| \inf | — нижний (нетто); |
| \sup | — верхний (брутто); |
| mod | — поправочный; |
| m | — изгибный; |
| t | — растяжение; |
| v | — сдвиг; |
| x, y | — координаты; |
| α | — угол между силой и направлением волокон древесины; |
| 0; 90 | — соответственно вдоль и поперек волокон древесины. |

4.3 Обозначения

В настоящем техническом кодексе приняты следующие обозначения:

| | |
|---------------------|---|
| A_d | — расчетная площадь поперечного сечения; |
| A_c | — рабочая плоскость смятия; |
| A_{\inf} | — площадь поперечного сечения элемента нетто; |
| A_{\sup} | — площадь поперечного сечения элемента брутто; |
| $A_{\sup, \max}$ | — площадь поперечного сечения элемента брутто с максимальными размерами сечения элемента на участке l_m ; |
| A_v | — расчетная площадь скалывания; |
| E_0 | — модуль упругости древесины вдоль волокон; |
| $E_{0, \text{nom}}$ | — вероятный минимальный модуль упругости древесины вдоль волокон; |
| E_{90} | — модуль упругости древесины поперек волокон; |
| E_v | — модуль сдвига вдоль волокон древесины; |
| E_p | — модуль упругости строительной фанеры в плоскости листа; |
| E_{pv} | — модуль сдвига строительной фанеры; |
| F | — воздействие; |
| F_d | — расчетные значения воздействий (усилий); |
| F_k | — нормативные значения воздействий (усилий); |
| $F_{d, a}$ | — расчетное усилие, действующее перпендикулярно торцу полуарки; |
| F_{ax} | — осевая нагрузка по направлению гвоздей; |
| F_{ia} | — перпендикулярная нагрузка к продольной оси гвоздей; |
| F_{Ac} | — усилие, действующее на зубчатую пластину в центре рабочей площади; |
| $J_{i, \sup}$ | — момент инерции брутто поперечного сечения отдельной ветви относительно собственной оси; |
| J_{\sup} | — момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси; |
| J_p | — полярный момент инерции расчетной площади; |
| M_d | — расчетный изгибающий момент; |
| $M_{i, d}$ | — расчетный изгибающий момент относительно соответствующей оси; |
| M_{\max} | — максимальный изгибающий момент на рассматриваемом участке l_m ; |
| M_{Ac} | — момент, действующий на зубчатую пластину в центре рабочей площади; |
| N_d | — расчетная осевая сила; |
| R_d | — расчетная несущая способность конструкции или соединения; |
| $R_{1d, \min}$ | — минимальное значение несущей способности одного среза нагеля в соединении; |
| R_{ax} | — расчетная несущая способность соединения, нагруженного только осевой нагрузкой; |
| R_{ia} | — расчетная несущая способность соединения, нагруженного только поперечной нагрузкой; |
| S_{sd} | — статический момент сдвигаемой части приведенного сечения элемента относительно нейтральной оси; |
| S_{\sup} | — статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси; |
| S_{ap} | — полная длина дуги арки или свода; |
| S_1 | — расстояние между осями нагелей (гвоздей) вдоль волокон; |
| S_2 | — расстояние от оси крайнего нагеля (гвоздя) до торца элемента вдоль волокон; |

| | |
|-----------------------------|--|
| S_3 | — расстояние между осями нагелей (гвоздей) поперек волокон; |
| S_4 | — расстояние от оси крайнего нагеля (гвоздя) до кромки элемента поперек волокон; |
| V_d | — расчетная поперечная сила; |
| W_d | — расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента; |
| $W_{d,ef}$ | — приведенный момент сопротивления поперечного сечения; |
| $W_{i,d}$ | — расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента относительно соответствующей оси; |
| W_{inf} | — момент сопротивления нетто; |
| $W_{i,inf}$ | — момент сопротивления поперечного сечения элемента нетто относительно соответствующей оси; |
| $W_{sup,max}$ | — максимальный момент сопротивления брутто на рассматриваемом участке l_m ; |
| X_d | — расчетные значения свойств материала; |
| X_k | — нормативные значения свойств материала; |
| a | — длина горизонтальной площадки подрезки; |
| a_d | — геометрическая характеристика; |
| a_b | — расстояние между ребрами по осям в плитах и панелях; |
| a_1 | — расстояние между ребрами в свету в плитах и панелях; |
| b_d | — расчетная ширина поперечного сечения; |
| b_f | — полная ширина сечения плиты; |
| b_w | — толщина стенки балки; |
| c | — постоянная, зависящая от типа зубчатой пластины; |
| c_1 | — длина скошенной подрезки; |
| c_2 | — расстояние от вертикальной грани подрезки до оси стержня; |
| d | — номинальный диаметр стержня, гвоздя или нагеля; |
| d_o | — диаметр отверстия под вклеенный стержень; |
| f_c | — прочность древесины при сжатии; |
| f_t | — прочность древесины при растяжении; |
| f_v | — прочность древесины при скалывании; |
| $f_{c,k}, f_{t,k}, f_{v,k}$ | — нормативные значения сопротивлений древесины соответственно сжатию, растяжению и скалыванию; |
| $f_{c,d}, f_{t,d}, f_{v,d}$ | — расчетные значения сопротивлений древесины соответственно сжатию, растяжению и скалыванию; |
| $f_{c,0,d}$ | — расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон; |
| $f_{t,0,d}$ | — расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон; |
| $f_{t,90,d}$ | — расчетное сопротивление древесины растяжению поперек волокон; |
| $f_{m,d}$ | — расчетное сопротивление древесины изгибу; |
| $f_{v,0,d}$ | — расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон; |
| $f_{v,90,d}$ | — расчетное сопротивление древесины скалыванию поперек волокон; |
| $f_{v,mod,d}$ | — расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон; |
| $f_{pt,0,d}$ | — расчетное сопротивление фанеры растяжению в плоскости листа; |
| $f_{pc,0,d}$ | — расчетное сопротивление фанеры сжатию в плоскости листа; |
| $f_{pm,90,d}$ | — расчетное сопротивление фанеры изгибу из плоскости листа; |
| $f_{pv,0,d}$ | — расчетное сопротивление фанеры скалыванию в плоскости листа; |
| $f_{pv,90,d}$ | — расчетное сопротивление фанеры срезу перпендикулярно плоскости листа; |
| $f_{pt,\alpha}$ | — расчетное сопротивление фанеры растяжению под углом α ; |
| $f_{n,d}$ | — расчетное сопротивление изгибу нагеля, болта; |
| $f_{h,d}$ | — расчетное сопротивление древесины смятию для нагельных соединений; |
| $f_{h,1,d}$ | — расчетное сопротивление древесины смятию для наружных элементов симметричных соединений и более тонких элементов односрезных нагельных соединений; |
| $f_{h,2,d}$ | — расчетное сопротивление древесины смятию для средних элементов симметричных соединений и более толстых элементов односрезных нагельных соединений; |
| $f_{v,1,d}$ | — расчетное сопротивление единицы поверхности древесины выдергиванию гладкого гвоздя; |
| $f_{v,2,d}$ | — расчетное сопротивление единицы поверхности древесины выдергиванию гвоздя с нарезкой на его поверхности; |

| | |
|------------------------|--|
| $f_{sv,d}$ | — расчетное сопротивление древесины сдвигу вдоль волокон в соединении с вклеенными круглыми арматурными стержнями периодического профиля; |
| $f_{sv,90,d}$ | — расчетное сопротивление древесины сдвигу поперек волокон в соединении с вклеенными круглыми арматурными стержнями периодического профиля; |
| $f_{st,d}$ | — расчетное сопротивление вклеенного арматурного стержня растяжению; |
| h_a | — глубина подрезки; |
| h_f | — высота полок балки; |
| h_0 | — уменьшенная высота поперечного сечения элемента; |
| h_t | — толщина фанеры обшивок плит и панелей; |
| h_{max} | — наибольшая высота сечения; |
| h_w | — высота стенки между внутренними гранями полок; |
| h_1 | — глубина врубки; |
| k_{-a}, k_{+a} | — коэффициенты усушки и разбухания поперек волокон древесины; |
| k_c | — коэффициент продольного изгиба; |
| k_q | — базисный коэффициент длительности; |
| $k_{c,90}$ | — коэффициент, учитывающий поддерживающее влияние волокон при сжатии древесины поперек волокон на участке длиной l ; |
| k_e | — поправочный коэффициент; |
| k_f | — коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке l_m ; |
| k_h | — коэффициент, учитывающий изменение высоты поперечного сечения деревянных элементов; |
| k_{h1} | — коэффициент, учитывающий влияние переменной высоты сечения; |
| k_i | — коэффициент, учитывающий изменение момента инерции для составных элементов; |
| k_g | — коэффициент, учитывающий длительность эксплуатации конструкции; |
| k_{inst} | — коэффициент устойчивости изгибаемого элемента; |
| k_k | — коэффициент податливости соединений; |
| k_{mod} | — коэффициент условий работы, учитывающий условия эксплуатации и продолжительность действия нагрузок; |
| $k_{m,c}$ | — коэффициент, учитывающий увеличение напряжений при изгибе от действия продольной силы; |
| k_n | — коэффициент, зависящий от типа нагеля; |
| k_{n1}, k_{n2} | — коэффициенты для зубчатых пластин; |
| k_{n3} | — коэффициент, учитывающий неравномерность напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части вклеенного вдоль волокон древесины стержня; |
| k_{n4} | — коэффициент, учитывающий неравномерность напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части вклеенного поперек волокон древесины стержня; |
| k_{n5} | — коэффициент, учитывающий изменение расчетного сопротивления древесины срезу поперек волокон в зависимости от диаметра стержней; |
| k_{n6} | — коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения стержней; |
| k_0 | — коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в деревянных элементах при наличии ослаблений; |
| k_p | — коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления в стыках фанерной обшивки; |
| k_r | — коэффициент, учитывающий изменение расчетных сопротивлений растяжению, сжатию и изгибу для гнутых деревянных элементов; |
| k_s | — коэффициент, учитывающий изменение расчетных сопротивлений при глубокой пропитке древесины; |
| k_t | — коэффициент, учитывающий влияние изменения температуры окружающего воздуха; |
| k_v | — коэффициент, учитывающий влияние деформаций сдвига от поперечной силы; |
| k_w | — коэффициент, учитывающий изменение момента сопротивления для составных балок на податливых соединениях; |
| k_{σ}, k_{τ} | — коэффициенты, учитывающие соотношение сторон панели клеефанерной балки и марку фанеры; |
| k_x | — коэффициент, учитывающий изменение расчетных сопротивлений при изменении породы древесины; |

| | |
|------------------------------|---|
| k_α | — коэффициент, учитывающий угол α между силой и направлением волокон в нагельном соединении; |
| $k_{\alpha,0}$ | — коэффициент линейного теплового расширения вдоль волокон древесины; |
| $k_{\alpha,90}$ | — коэффициент линейного теплового расширения поперек волокон древесины; |
| k_δ | — коэффициент, учитывающий изменение расчетных сопротивлений изгибу, скалыванию и сжатию в зависимости от толщины слоев в клееных элементах; |
| k_λ | — коэффициент приведения гибкости; |
| k_1 | — коэффициент, учитывающий снижение прочности клеевого шва поперек волокон в клееных деревянных элементах; |
| $k_{\sigma 1}, k_{\sigma 2}$ | — коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения напряжений под плитой башмака; |
| l_d | — расчетная длина элемента; |
| $l_{d,1}$ | — расчетная длина защемленной части гвоздя; |
| l_m | — расстояние между опорными сечениями элемента, а при закреплении сжатой кромки элемента в промежуточных точках от смещения из плоскости изгиба — расстояние между этими точками; |
| l_v | — расчетная длина плоскости скалывания; |
| m | — число подкрепленных с одинаковым шагом точек растянутой кромки на участке l_m ; |
| n | — количество швов в нагельном соединении; |
| n_n | — количество нагелей в соединении; |
| n_s | — количество швов в соединении для одного нагеля; |
| n_1 | — количество швов сдвига в поперечном сечении; |
| n_2 | — расчетное среднее количество срезов в одном шве, приведенное к 1 м элемента; |
| r_0 | — радиус кривизны нейтрального слоя кривого бруса; |
| r_1 | — радиус кривизны внутренней кромки кривого бруса; |
| r_2 | — радиус кривизны наружной кромки кривого бруса; |
| t | — толщина соединяемых элементов; |
| t_1 | — толщина крайних элементов в симметричных соединениях или более тонких элементов в односрезных соединениях; |
| t_2 | — толщина средних элементов в симметричных соединениях, а также более толстых или равных по толщине элементов в односрезных соединениях; |
| u | — прогиб; |
| u_0 | — прогиб балки постоянного сечения высотой h без учета деформаций сдвига; |
| u_{\max} | — максимальный прогиб; |
| γ_m | — коэффициент надежности по материалу; |
| γ_n | — частный коэффициент надежности по назначению; |
| λ | — гибкость; |
| λ_x, λ_y | — гибкость относительно осей x и y ; |
| λ_{\max} | — предельная гибкость; |
| λ_1 | — гибкость отдельной ветви составного элемента относительно собственной оси; |
| $\mu_{0,90}$ | — коэффициент Пуассона вдоль волокон древесины; |
| $\mu_{90,0}$ | — коэффициент Пуассона поперек волокон древесины; |
| μ_p | — коэффициент Пуассона строительной фанеры; |
| μ_0 | — коэффициент, учитывающий способ закрепления элемента и вид нагрузки; |
| ρ | — плотность древесины; |
| ρ_p | — плотность фанеры; |
| $\sigma_{c,0,d}$ | — расчетные напряжения сжатия вдоль волокон древесины; |
| $\sigma_{c,\alpha,d}$ | — расчетные напряжения сжатия под углом α к направлению волокон древесины; |
| $\sigma_{c,90,d}$ | — расчетные напряжения сжатия поперек волокон древесины; |
| $\sigma_{cm,\alpha,d}$ | — расчетные напряжения смятия под углом α к волокнам древесины под опорной плитой; |
| $\sigma_{t,0,d}$ | — расчетные напряжения растяжения вдоль волокон древесины; |
| $\sigma_{t,90,d}$ | — расчетные напряжения растяжения поперек волокон древесины; |
| $\sigma_{m,d}$ | — расчетные напряжения изгиба; |

| | |
|----------------------------------|--|
| $\sigma_{m,x,d}, \sigma_{m,y,d}$ | — расчетные напряжения изгиба относительно осей x и y ; |
| $\sigma_{p,c,d}$ | — расчетные напряжения сжатия в полке клеефанерной плиты; |
| $\sigma_{p,t,d}$ | — расчетные напряжения растяжения в полке клеефанерной плиты; |
| σ_w | — нормальное напряжение изгиба в стенке на уровне внутренней кромки поясов клеефанерной балки; |
| $\sigma_{pt,\alpha,d}$ | — расчетные главные напряжения растяжения фанерной стенки клеефанерной балки; |
| $\tau_{v,0,d}$ | — расчетные напряжения скалывания вдоль волокон древесины; |
| $\tau_{w,d}$ | — расчетные напряжения скалывания в стенке клеефанерной балки по нейтральной оси; |
| $\tau_{w,f,d}$ | — расчетные напряжения скалывания в швах между поясами и стенкой клеефанерной балки; |
| τ_w | — расчетные касательные напряжения в стенке клеефанерной балки на уровне внутренней кромки поясов; |
| $\tau_{f,d}$ | — расчетные напряжения скалывания по шву в месте примыкания обшивки к ребрам. |

5 Общие требования к проектированию

5.1 Общие положения

5.1.1 Конструкции должны проектироваться с учетом предъявляемых к ним требований по эксплуатации в соответствии с назначением и заданной степенью надежности восприятия воздействий, которые могут возникнуть во время транспортирования, монтажа, эксплуатации и реконструкции.

5.1.2 Перечисленным выше требованиям должны отвечать выбор соответствующих материалов, расчетных моделей и конструирования, назначение необходимых контрольных параметров при изготовлении, монтаже и эксплуатации конструкций.

5.1.3 Материалы, применяемые для деревянных конструкций, должны быть в установленном порядке согласованы с органами соответствующего государственного надзора.

5.1.4 При расчетах следует рассматривать все возможные условия, в которых конструкция выполняет свои функции, и выбирать наиболее неблагоприятные расчетные ситуации, для которых проверяются условия соответствующих предельных состояний.

5.1.5 Нагрузки и воздействия на конструкции, а также расчетные ситуации следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07. Если требования ТНПА недостаточны, нормативные значения воздействий (нагрузок) могут быть уточнены заказчиком или проектной организацией при согласовании с заказчиком.

5.2 Требования к проектированию деревянных конструкций

5.2.1 Деревянные конструкции должны удовлетворять требованиям расчета по несущей способности (I группа предельных состояний) и по деформациям, не препятствующим нормальной эксплуатации (II группа предельных состояний), с учетом характера и длительности действия нагрузок и воздействий.

5.2.2 При расчете деревянных конструкций следует рассмотреть все расчетные ситуации и случаи нагружения.

5.2.3 При проектировании деревянных конструкций следует предусматривать защиту их от увлажнения, биозащитную и огнезащитную обработку в соответствии с требованиями ТКП 45-2.02-110 и СНБ 2.02.01, а также антикоррозионную защиту (для конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред) — в соответствии с ТКП 45-2.01-111.

5.2.4 Деревянные конструкции следует проектировать преимущественно заводского изготовления с учетом технологических возможностей завода-изготовителя, а также условий эксплуатации, транспортирования и монтажа как поэлементно, так и укрупненными блоками.

5.2.5 Расчеты должны выполняться на основе соответствующих расчетных моделей конструкции, а в случае необходимости — испытаний с учетом всех факторов в соответствии с требованиями СТБ 1591.

Расчетные модели должны соответствовать действительной работе конструкции при рассматриваемом предельном состоянии.

5.2.6 Напряжения и деформации в деревянных конструкциях, возникшие от изменения температуры древесины, а также от усушки или разбухания древесины вдоль волокон, учитывать не следует.

При пролетах безраспорных деревянных конструкций более 30 м одна из опор должна быть подвижной. В двускатных гнутоклееных балках с постоянной и переменной высотой поперечного сечения и криволинейным участком в средней части пролета одна из опор должна быть подвижной, независимо от пролета.

5.2.7 Действие сил трения при расчете деревянных конструкций следует учитывать:

а) если равновесие системы обеспечивается только трением при условии постоянного прижатия элемента и при отсутствии динамической нагрузки, коэффициент трения дерева по дереву следует принимать равным:

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1) торца по боковой поверхности | — 0,3; |
| 2) боковых поверхностей | — 0,2; |

б) если трение ухудшает условия работы конструкций и соединений, то коэффициент трения следует принимать равным 0,6.

5.2.8 В растянутых и изгибаемых элементах из пиломатериалов не следует допускать ослаблений на кромках. При наличии подрезок в элементах требуется их обоснование с обязательной оценкой прочности в зоне подрезки.

5.2.9 Расчет элементов из круглых лесоматериалов на устойчивость следует производить по сечению, расположенному в середине расчетной длины элемента, а на прочность — по сечению с максимальным изгибающим моментом.

5.2.10 Пространственную жесткость и устойчивость деревянных конструкций следует обеспечивать постановкой горизонтальных и вертикальных связей не более чем через 30 м по длине здания.

Горизонтальные связи следует располагать в плоскости верхних поясов ферм или в верхней части сечения сплошных конструкций.

В качестве поясов связевых ферм следует использовать верхние пояса или все сечение несущих конструкций, а также прогоны.

При использовании косоугольного дощатого настила, надежно закрепленного с несущей конструкцией и прогонами, расположенными в уровне верхних граней несущих конструкций, постановка связей жесткости в покрытии не требуется. При этом толщина досок настила должна быть не менее 28 мм.

5.2.11 Длина опорной площадки плит покрытий должна быть не менее 55 мм. Плиты покрытий следует прикреплять к несущей конструкции с каждой стороны соединениями, воспринимающими усилия сдвига и отрыва.

5.2.12 Стыки деревянных растянутых элементов следует конструировать совмещенными в одном сечении, перекрывая их накладками на стальных цилиндрических нагелях или иных соединениях.

Конструкция стыков растянутых элементов должна обеспечивать осевую передачу растягивающего усилия.

5.2.13 Не следует применять узлы и стыки с соединениями на связях различной податливости, а также стыки, в которых часть деревянных элементов соединена непосредственно, а часть — через промежуточные элементы соединения.

5.2.14 Элементы деревянных конструкций следует центрировать в узлах. В случаях, когда принято эксцентричное соединение элементов для уменьшения действующего в расчетном сечении элемента изгибающего момента, необходимо учитывать возникающие в узле дополнительные нормальные и касательные напряжения.

5.2.15 Площадь поперечного сечения нетто A_{inf} деревянных элементов сквозных несущих конструкций должна быть не менее 5000 мм^2 , а также не менее 0,5 полной площади сечения брутто A_{sup} — при симметричном ослаблении и 0,67 — при несимметричном ослаблении.

5.3 Конструктивные требования по обеспечению долговечности деревянных конструкций

5.3.1 Для обеспечения долговечности конструкций необходимо учитывать следующие факторы:

- назначение конструкций;
- особенности работы конструкций;
- условия хранения конструкций до монтажа и защита от атмосферных воздействий во время монтажа;
- условия эксплуатации;
- состав, свойства и особенности применяемых материалов;
- форму элементов и деталей конструкций;
- качество работ и степень контроля;
- специальные защитные мероприятия.

5.3.2 Конструктивные меры должны предусматривать:

- а) защиту древесины конструкций от непосредственного увлажнения атмосферными осадками, грунтовыми, талыми (за исключением опор воздушных линий электропередачи) и производственными водами;
- б) защиту древесины конструкций от промерзания, капиллярного и конденсационного увлажнения;
- в) систематическую просушку древесины конструкций путем создания осушающего температурно-влажностного режима (естественная и принудительная вентиляция помещения, устройство в конструкциях и частях зданий осушающих проходов, аэраторов).

5.3.3 Деревянные конструкции должны быть хорошо проветриваемыми, открытыми во всех частях для осмотра, профилактического ремонта, возобновления защитной обработки древесины.

5.3.4 В отапливаемых зданиях несущие конструкции следует располагать, как правило, без пересечения их с наружными ограждающими конструкциями. В противном случае — их следует располагать без соприкосновения с ограждающими конструкциями.

5.3.5 Не допускается глухая заделка частей деревянных конструкций в каменные стены.

5.3.6 Несущие клееные деревянные конструкции, эксплуатируемые на открытом воздухе, должны иметь сплошное сечение. Верхние горизонтальные и наклонные грани этих конструкций следует защищать антисептированными досками, козырьками из оцинкованного кровельного железа, алюминия, стеклопластика или другого атмосферостойкого материала.

5.3.7 Опирающие несущих деревянных конструкций на фундаменты, каменные стены, стальные и железобетонные колонны и другие элементы конструкций из более теплопроводных материалов (при непосредственном их контакте) следует осуществлять через гидроизоляционные прокладки.

Деревянные подкладки (подушки), на которые устанавливаются опорные части несущих конструкций, следует изготавливать из антисептированной высушенной древесины твердых пород.

5.3.8 Металлические накладки в соединениях конструкций, эксплуатируемых в условиях, где возможно выпадение конденсата, должны отделяться от древесины гидроизоляционным слоем.

5.3.9 Покрытия с деревянными несущими и ограждающими конструкциями следует проектировать, как правило, с наружным отводом вод без внутренних водостоков.

5.3.10 В ограждающих конструкциях зданий и сооружений должно быть исключено накапливание влаги в процессе эксплуатации. В панелях стен и плитах покрытий следует предусматривать вентиляционные продухи, сообщающиеся с наружным воздухом, а в случаях, предусмотренных теплотехническим расчетом, — использовать пароизоляционный слой.

Рулонные и пленочные материалы, используемые в качестве пароизоляции в плитах и панелях стен, у которых обшивки из фанеры или древесины соединены с деревянным каркасом гвоздями или шурупами, должны укладываться сплошным непрерывным слоем между каркасом и обшивкой.

В ограждающих конструкциях с соединением обшивок с каркасом на клею следует применять окрасочную пароизоляцию. Швы между панелями и плитами должны быть утеплены и уплотнены герметизирующими материалами.

5.4 Требования к оформлению рабочей документации

5.4.1 Чертежи марки КД (конструкции деревянные) предназначены для разработки детализированных чертежей марки КДД (конструкции детализированные деревянные), определения потребности древесины, составления сметной документации и производства строительно-монтажных работ.

5.4.2 В состав рабочей документации раздела марки КД следует включать схемы расположения деревянных конструкций, соединительные узлы, узлы опирания, расчетные схемы основных несущих конструкций и спецификации.

5.4.3 На рабочих чертежах марки КД следует указывать:

- размеры деревянных элементов;
- тип (марку) и количество соединительных элементов, расстояние между ними;
- сорт и породу древесины;
- влажность древесины;
- мероприятия по обеспечению долговечности;
- мероприятия по огнезащите.

5.4.4 Рабочие чертежи раздела марки КД следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 21.101 и ГОСТ 21.501.

5.4.5 Детализированные чертежи марки КДД должны разрабатываться в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

5.4.6 На детализировочных чертежах марки КДД должны быть указаны:

- размеры деревянных элементов;
- типы (марки) соединительных элементов, количество и расстояния между ними;
- порода, сорт и влажность древесины;
- припуски на обработку;
- марка клея для клееных конструкций;
- допуски линейных размеров;
- шероховатость поверхности;
- защитная обработка конструкций.

6 Материалы

6.1 Цельная и клееная древесина

6.1.1 Общие положения

6.1.1.1 Для изготовления деревянных конструкций следует применять цельную и клееную древесину хвойных пород. Древесину твердых лиственных пород следует использовать для нагелей, подушек и других ответственных деталей.

6.1.1.2 Для несущих элементов деревянных конструкций должна применяться древесина 1, 2 и 3 сортов в соответствии с требованиями СТБ 1711 – СТБ 1714, ГОСТ 11047, а также с учетом дополнительных требований:

а) ширина годичных слоев в древесине должна быть не более 5 мм, а содержание в них поздней древесины — не менее 20 %;

б) в заготовках из пиломатериалов 1 и 2 сортов для крайней растянутой зоны (на 0,15 высоты сечения) клееных изгибаемых элементов и в досках 1–3 сортов толщиной 60 мм и менее, работающих на ребро при изгибе или на растяжение, не допускается наличие сердцевины.

Нормативные и временные сопротивления древесины сосны и ели приводятся в приложении А.

6.1.1.3 В зависимости от температурно-влажностных условий эксплуатации к влажности древесины, применяемой в элементах конструкций, должны предъявляться требования, указанные в таблице 6.1.

6.1.1.4 Круглые лесоматериалы следует использовать для конструкций построечного изготовления (сельскохозяйственные здания с балочно-стоечным каркасом, опоры ЛЭП и др.).

6.1.1.5 Величину сбега круглых лесоматериалов при расчете элементов конструкций следует принимать равной 8 мм на 1 м длины, а для лиственницы — 10 мм на 1 м длины.

6.1.1.6 Размеры поперечного сечения элементов рекомендуется назначать в соответствии с сортаментом пиломатериалов по СТБ 1713.

Таблица 6.1 — Классы условий эксплуатации

| Класс условий эксплуатации | Характеристика условий эксплуатации конструкций | Максимальная влажность конструкций | |
|----------------------------|---|------------------------------------|------------------------|
| | | из клееной древесины | из неклееной древесины |
| 1 2 3 | Внутри отапливаемых помещений при температуре до 35 °С, относительной влажности воздуха, %: до 60 включ. св. 60 “ 75 “ “ 75 “ 95 “ | 9 | 20 |
| | | 12 | 20 |
| | | 15 | 20 |
| 2 3 | Внутри неотапливаемых помещений при относительной влажности воздуха, %: до 75 включ. св. 75 | 12 | 20 |
| | | 15 | 25 |

Окончание таблицы 6.1

| Класс условий эксплуатации | Характеристика условий эксплуатации конструкций | Максимальная влажность конструкций | |
|----------------------------|---|------------------------------------|------------------------|
| | | из клееной древесины | из неклееной древесины |
| 4 | На открытом воздухе | 12 | 25 |
| 4 | В частях зданий и сооружений, соприкасающихся с грунтом | — | 25 |
| 5 | Постоянно увлажняемых | — | Не ограничивается |
| 5 | Находящихся в воде | — | Не ограничивается |

Примечания

1 Применение клееных деревянных конструкций в условиях эксплуатации класса 1 при относительной влажности воздуха ниже 45 % не допускается.

2 В неклееных конструкциях, эксплуатируемых в условиях класса 4, когда усушка древесины не вызывает расстройств или увеличения податливости соединений, допускается применять древесину с влажностью до 40 % при условии ее защиты от гниения.

6.1.1.7 Клееная древесина должна соответствовать требованиям СТБ 1722.

6.1.1.8 Толщину склеиваемых слоев в элементах следует принимать не более 33 мм. В прямолинейных элементах допускается толщина слоев до 42 мм при условии устройства в них продольных прорезей.

6.1.1.9 Древесина нагелей, вкладышей и других деталей должна быть прямослойной, без сучков и других пороков. Влажность древесины не должна превышать 12 %. Такие детали следует изготавливать из твердых и устойчивых к загниванию пород древесины (дуб, бук), либо они должны быть антисептированы.

6.1.1.10 Плотность древесины ρ и фанеры ρ_p для определения собственной массы конструкций m следует принимать по таблице 6.2.

6.1.2 Классификация нагрузок

Для расчетов деревянных конструкций нагрузки, в зависимости от продолжительности их действия, классифицируются в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07.

К длительным нагрузкам следует относить часть снеговой нагрузки района II Б с пониженным расчетным значением, определяемым умножением полного расчетного значения на коэффициент 0,3.

Для опор воздушных линий электропередачи к особым нагрузкам следует относить гололедную, ветровую при гололеде, монтажную, нагрузку от натяжения проводов при температуре ниже среднегодовой.

Таблица 6.2 — Плотность древесины

| Порода древесины | Плотность древесины ρ , кг/м ³ , в конструкциях для классов условий эксплуатации по таблице 6.1 | |
|--|---|---------|
| | 1, 2 | 3, 4, 5 |
| Хвойные: | | |
| сосна, ель, кедр, пихта | 500 | 600 |
| лиственница | 650 | 800 |
| Твердые лиственные: | | |
| дуб, береза, бук, ясень, клен, граб, акация, вяз, ильм | 700 | 800 |
| Мягкие лиственные: | | |
| осина, тополь, ольха, липа | 500 | 600 |

Окончание таблицы 6.2

Примечания

- 1 Плотность свежесрубленной древесины хвойных и мягких лиственных пород следует принимать равной 850 кг/м^3 , твердых лиственных пород — 1000 кг/м^3 .
- 2 Плотность клееной древесины следует принимать равной плотности цельной древесины.
- 3 Плотность фанеры следует принимать равной плотности древесины шпонов, а бакелизированной — 1000 кг/м^3 .

6.1.3 Коэффициенты условий работы для учета продолжительности действия нагрузок и условий эксплуатации

6.1.3.1 Значения коэффициента условий работы k_{mod} приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 — Значения k_{mod} для древесины и фанеры

| Вид нагрузки | | Класс условий эксплуатации по таблице 6.1 | | | | |
|-----------------|-----------------------------|---|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Постоянная | | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 |
| Длительная | | 0,95 | 0,95 | 0,85 | 0,80 | 0,70 |
| Кратковременная | снеговая с полным значением | 1,05 | 1,05 | 0,95 | 0,90 | 0,80 |
| | ветровая, монтажная | 1,20 | 1,20 | 1,05 | 1,00 | 0,85 |
| Особая | | 1,45 | 1,45 | 1,30 | 1,25 | 1,15 |

6.1.3.2 Если сочетание нагрузок состоит из нагрузок, принадлежащих разным видам, то значение коэффициента k_{mod} следует принимать для нагрузки с более короткой продолжительностью действия. Если в сочетании нагрузок доля постоянной и длительной нагрузок превышает 80 % суммарного значения всех нагрузок, то k_{mod} следует принимать как для длительной нагрузки, если указанная доля превышает 90 %, то k_{mod} следует принимать как для постоянной нагрузки.

6.1.4 Расчетные сопротивления древесины

6.1.4.1 Расчетные сопротивления древесины сосны (кроме веймутовой), ели, лиственницы европейской приведены в таблице 6.4. Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливаются путем умножения значений, приведенных в таблице 6.4, на переходные коэффициенты k_x , указанные в таблице 6.5.

В конструкциях, находящихся в эксплуатации более 50 лет, значения расчетных сопротивлений древесины следует снижать путем их умножения на коэффициент k_g , значения которого приведены в таблице 6.6.

6.1.4.2 В конструкциях построечного изготовления величины расчетных сопротивлений на растяжение, принятые по показателю 2а) таблицы 6.4, следует снижать на 30 %.

6.1.4.3 Расчетное сопротивление изгибу для элементов настила и обрешетки под кровлю из древесины 3 сорта следует принимать равным 13 МПа, а 2 сорта — 14 МПа.

6.1.4.4 Расчетное сопротивление древесины местному смятию поперек волокон на части длины l определяют по формуле

$$f_{cm,90,d} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}, \quad (6.1)$$

где $k_{c,90}$ — коэффициент, принимаемый по таблице 6.7 в зависимости от длины участка l (рисунок 6.1).

Таблица 6.4 — Расчетные сопротивления древесины

| Напряженное состояние и характеристика элементов | Обозначение | Расчетные сопротивления, МПа, древесины сортов | | |
|---|----------------------------------|---|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон: а) элементы прямоугольного сечения (за исключением указанных в перечислениях б), в)) высотой до 0,5 м б) элементы прямоугольного сечения шириной от 0,11 до 0,13 м при высоте сечения от 0,11 до 0,5 м в) элементы прямоугольного сечения шириной св. 0,13 м при высоте сечения от 0,13 до 0,5 м г) элементы из круглых лесоматериалов без врезок в расчетном сечении | $f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$ | 14,0 | 13,0 | 8,5 |
| | $f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$ | 15,0 | 14,0 | 10,0 |
| | $f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$ | 16,0 | 15,0 | 11,0 |
| | $f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$ | — | 16,0 | 10,0 |
| 2 Растяжение вдоль волокон: а) неклееные элементы б) клееные элементы | $f_{t,0,d}$ | 10,0 | 7,0 | — |
| | $f_{t,0,d}$ | 12,0 | 9,0 | — |
| 3 Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон | $f_{c,90,d}, f_{cm,90,d}$ | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| 4 Смятие поперек волокон местное: а) в опорных частях конструкций, лобовых врубках и узловых примыканиях элементов б) под шайбами при углах смятия от 90° до 60° | $f_{cm,90,d}$ | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | $f_{cm,90,d}$ | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| 5 Скалывание вдоль волокон: а) при изгибе неклееных элементов б) при изгибе клееных элементов в) в лобовых врубках для максимального напряжения г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения | $f_{v,0,d}$ | 1,8 | 1,6 | 1,6 |
| | $f_{v,0,d}$ | 1,6 | 1,5 | 1,5 |
| | $f_{v,0,d}$ | 2,4 | 2,1 | 2,1 |
| | $f_{v,0,d}$ | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 6 Скалывание поперек волокон: а) в соединениях неклееных элементов б) в соединениях клееных элементов | $f_{v,90,d}$ | 1,0 | 0,8 | 0,6 |
| | $f_{v,90,d}$ | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| 7 Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины | $f_{t,90,d}$ | 0,15 | 0,1 | 0,08 |
| 8 Срез под углом к волокнам 45° То же 90° | $f_{vs,45,d}$ | 7 | 5 | 4 |
| | $f_{vs,90,d}$ | 12 | 9 | 8 |

Таблица 6.5 — Значения коэффициента k_x для породы древесины

| Породы древесины | Значения коэффициента k_x для расчетных сопротивлений | | |
|---|--|--|---|
| | растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон $f_{t,0,d}, f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$ | сжатию и смятию поперек волокон $f_{c,90,d}, f_{cm,90,d}$ | скалыванию, растяжению $f_{v,0,d}, f_{t,90,d}$ |
| Хвойные | | | |
| 1 Лиственница, кроме европейской и японской | 1,20 | 1,20 | 1,00 |
| 2 Кедр сибирский, кроме Красноярского края | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| 3 Кедр Красноярского края, сосна веймутова | 0,65 | 0,65 | 0,65 |
| 4 Пихта | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Твердые лиственные | | | |
| 5 Дуб | 1,3 | 2,0 | 1,3 |
| 6 Ясень, клен, граб | 1,3 | 2,0 | 1,6 |
| 7 Акация | 1,5 | 2,2 | 1,8 |
| 8 Береза, бук | 1,1 | 1,6 | 1,3 |
| 9 Вяз, ильм | 1,0 | 1,6 | 1,0 |
| Мягкие лиственные | | | |
| 10 Ольха, липа, осина, тополь | 0,8 | 1,0 | 0,8 |

Таблица 6.6 — Значения коэффициента k_g

| Вид напряженного состояния | Значения коэффициента k_g при продолжительности эксплуатации конструкции | | |
|---|--|--------|-----------------|
| | ≤50 лет | 75 лет | 100 лет и более |
| Изгиб, сжатие, смятие вдоль и поперек волокон древесины | 1 | 0,90 | 0,8 |
| Растяжение и скалывание вдоль волокон древесины | 1 | 0,85 | 0,7 |
| Растяжение поперек волокон древесины | 1 | 0,80 | 0,5 |
| <i>Примечание</i> — Значения коэффициента k_g для промежуточных сроков эксплуатации принимаются по линейной интерполяции. | | | |

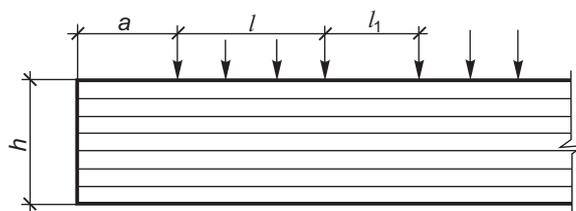


Рисунок 6.1 — Смятие поперек волокон

Таблица 6.7 — Значения коэффициента $k_{c,90}$

| Длина участка l | $l_1 \leq 0,15$ | $l_1 > 0,15$ | |
|---------------------|-----------------|---|--|
| | | $a < 0,10$ | $a \geq 0,10$ |
| $l \geq 0,150$ | 1 | 1 | 1 |
| $0,015 < l < 0,150$ | 1 | $1 + 0,8 \cdot \frac{a \cdot (0,15 - l)}{0,0135}$ | $1 + 0,8 \cdot \frac{0,15 - l}{0,135}$ |
| $l \leq 0,015$ | 1 | 1,8 | 1,8 |

Примечание — Все размеры следует принимать в метрах.

6.1.4.5 Расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон определяют по формуле

$$f_{cm,\alpha,d} = \frac{f_{cm,0,d}}{1 + \left(\frac{f_{cm,0,d}}{f_{cm,90,d}} - 1\right) \cdot \sin^3 \alpha}, \quad (6.2)$$

где $f_{cm,0,d}$ и $f_{cm,90,d}$ — соответствующие значения расчетных сопротивлений древесины смятию вдоль и поперек волокон;
 α — угол между направлением действия сминающего усилия и волокнами древесины (рисунок 6.2).

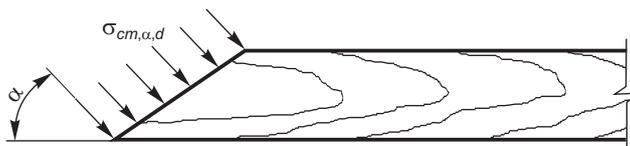


Рисунок 6.2 — Напряжения смятия под углом к волокнам

6.1.4.6 Расчетное сопротивление древесины скалыванию под углом к направлению волокон определяют по формуле

$$f_{v,\alpha,d} = \frac{f_{v,0,d}}{1 + \left(\frac{f_{v,0,d}}{f_{v,90,d}} - 1\right) \cdot \sin^3 \alpha}, \quad (6.3)$$

где $f_{v,0,d}$ и $f_{v,90,d}$ — соответствующие значения расчетных сопротивлений скалыванию древесины вдоль и поперек волокон;
 α — угол между направлением действия скалывающего усилия и волокнами древесины.

6.1.4.7 Расчетные сопротивления, приведенные в таблице 6.4, следует умножить на коэффициенты условий работы:

а) для различных условий эксплуатации и продолжительности действия нагрузок — на значения коэффициента k_{mod} , указанные в таблице 6.3;

б) для конструкций, эксплуатируемых при установившейся температуре воздуха до 35 °С, — на коэффициент $k_t = 1$; при температуре 50 °С — на коэффициент $k_t = 0,8$. Для промежуточных значений температуры коэффициент k_t принимается по линейной интерполяции;

в) для изгибаемых, внецентренно сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов прямоугольного сечения высотой более 0,5 м значения расчетных сопротивлений изгибу и сжатию вдоль волокон — на значения коэффициента k_n , указанные в таблице 6.8;

Таблица 6.8 — Значения коэффициента k_h

| | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|------|------|------|------|-------------|
| Высота сечения, м | 0,5 и менее | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,2 и более |
| Значения коэффициента k_h | 1,00 | 0,96 | 0,93 | 0,90 | 0,85 | 0,80 |

г) для изгибаемых, внецентренно сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов в зависимости от толщины слоев значения расчетных сопротивлений изгибу $f_{m,d}$, скалыванию $f_{v,0,d}$ и сжатию $f_{c,0,d}$ вдоль волокон — на значения коэффициента k_δ , указанные в таблице 6.9;

Таблица 6.9 — Значения коэффициента k_δ

| | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| Толщина слоя, мм | 10 и менее | 16 | 19 | 26 | 33 | 42 |
| Значения коэффициента k_δ | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,95 |

д) для гнутых элементов конструкций значения расчетных сопротивлений растяжению $f_{t,0,d}$, сжатию $f_{c,0,d}$ и изгибу $f_{m,d}$ — на значения коэффициента k_r , указанные в таблице 6.10;

Таблица 6.10 — Значения коэффициента k_r

| Напряженное состояние | Обозначение расчетных сопротивлений | Значения коэффициента k_r при отношении r/δ | | | |
|--|-------------------------------------|--|-----|-----|-------------|
| | | 150 | 200 | 250 | 500 и более |
| Сжатие и изгиб | $f_{m,d}, f_{c,0,d}$ | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| Растяжение | $f_{t,0,d}$ | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 |
| <i>Примечание</i> — r — радиус кривизны гнутой доски или бруска; δ — толщина доски или бруска в радиальном направлении. | | | | | |

е) для растянутых элементов с ослаблением в расчетном сечении и изгибаемых элементов из круглых лесоматериалов с подрезкой в расчетном сечении — на коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в ослабленном расчетном сечении, $k_0 = 0,8$;

ж) для элементов, подвергнутых глубокой пропитке антипиренами под давлением, — на коэффициент $k_s = 0,9$.

6.1.5 Деформативность древесины

Модули упругости и сдвига древесины

6.1.5.1 Модуль упругости древесины при расчете по предельным состояниям II группы следует принимать равным: вдоль волокон $E_0 = 8500$ МПа; поперек волокон $E_{90} = 400$ МПа. Модуль сдвига древесины относительно осей, направленных вдоль и поперек волокон, следует принимать равным $E_v = 500$ МПа.

6.1.5.2 При расчете деревянных элементов по предельным состояниям I группы (расчет на устойчивость и прочность по деформированной схеме) модуль упругости необходимо принимать равным $E_{0,ном} = 6500$ МПа, модуль сдвига $E_{v,ном} = 325$ МПа.

6.1.5.3 Модули упругости и сдвига древесины в зависимости от условий эксплуатации и продолжительности действия нагрузки необходимо умножать на значения коэффициента k_{mod} (см. таблицу 6.3), а для конструкций, подвергающихся воздействию повышенной температуры, — на значения коэффициента k_t в соответствии с 6.1.4.7, перечисление б).

Коэффициенты поперечных деформаций древесины

6.1.5.4 Коэффициент Пуассона древесины поперек волокон при напряжениях, направленных вдоль волокон, следует принимать равным $\mu_{90,0} = 0,45$, а вдоль волокон при напряжениях, направленных поперек волокон, $\mu_{0,90} = 0,021$.

Коэффициенты усушки и разбухания древесины

6.1.5.5 Для расчета влажностных деформаций древесины в поперечном направлении необходимо использовать коэффициенты усушки k_{-a} и разбухания k_{+a} , приведенные в таблице 6.11.

Таблица 6.11 — Значения коэффициентов усушки k_{-a} и разбухания k_{+a} древесины сосны

| Обозначение коэффициентов | Значения коэффициентов усушки (разбухания), %/% влажности | | |
|---------------------------|---|--------------------------------|-----------|
| | по радиальному направлению | по тангенциальному направлению | по объему |
| k_{-a} | 0,197 | 0,290 | 0,470 |
| k_{+a} | 0,210 | 0,320 | 0,550 |

Примечание — Коэффициент усушки (разбухания) определяет величину усушки (разбухания) при снижении (увеличении) содержания связанной влаги в древесине на 1 %.

6.2 Фанера**6.2.1 Общие требования**

6.2.1.1 Для клееных фанерных конструкций следует применять фанеру марки ФСФ по ГОСТ 3916.1, ГОСТ 3916.2 и фанеру бакелизованную марки ФБС по ГОСТ 11539.

6.2.1.2 Допускается в качестве элементов деревянных конструкций применение фанерных труб и профилей.

6.2.2 Расчетные сопротивления фанеры

6.2.2.1 Расчетные сопротивления фанеры приведены в таблице 6.12.

Таблица 6.12 — Расчетные сопротивления фанеры

| Вид фанеры | Расчетные сопротивления, МПа | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | растяжению в плоскости листа $f_{pt,0,d}$ | сжатию в плоскости листа $f_{pc,0,d}$ | изгибу из плоскости листа $f_{pm,90,d}$ | скалыванию в плоскости листа $f_{pv,0,d}$ | срезу перпендикулярно плоскости листа $f_{pv,90,d}$ |
| 1 Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов не ниже III/IV: а) семислойная толщиной 8 мм и более: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам | 14,0 9,0 4,5 | 12,0 8,5 7,0 | 16,0 6,5 — | 0,8 0,8 0,8 | 6,0 6,0 9,0 |
| б) пятислойная толщиной от 5 до 7 мм: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам | 14,0 6,0 4,0 | 13,0 7,0 6,0 | 18,0 3,0 — | 0,8 0,8 0,8 | 5,0 6,0 9,0 |
| 2 Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов не ниже III/IV семислойная толщиной 8 мм и более: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам | 9,0 7,5 3,0 | 17,0 13,0 5,0 | 18,0 11,0 — | 0,6 0,5 0,7 | 5,0 5,0 7,5 |

Окончание таблицы 6.12

| Вид фанеры | Расчетные сопротивления, МПа | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| | растяжению в плоскости листа $f_{pt,0,d}$ | сжатию в плоскости листа $f_{pc,0,d}$ | изгибу из плоскости листа $f_{pm,90,d}$ | скалыванию в плоскости листа $f_{pv,0,d}$ | срезу перпендикулярно плоскости листа $f_{pv,90,d}$ |
| 3 Фанера бакелизированная марки ФБС толщиной 7 мм и более: | | | | | |
| вдоль волокон наружных слоев | 32,0 | 28,0 | 33,0 | 1,8 | 11,0 |
| поперек волокон наружных слоев | 24,0 | 23,0 | 25,0 | 1,8 | 12,0 |
| под углом 45° к волокнам | 16,5 | 21,0 | — | 1,8 | 16,0 |
| <i>Примечание</i> — Расчетные сопротивления смятию и сжатию перпендикулярно плоскости листа для березовой фанеры марки ФСФ $f_{pc,90,d} = 4$ МПа и марки ФБС $f_{pc,90,d} = 8$ МПа. | | | | | |

6.2.2.2 В зависимости от условий эксплуатации и продолжительности действия нагрузки значения расчетных сопротивлений строительной фанеры следует умножать на коэффициент k_{mod} (см. таблицу 6.3), а также на коэффициенты k_t и k_s в соответствии с 6.1.4.7, перечисления б) и ж).

6.2.3 Модули упругости и сдвига фанеры

6.2.3.1 Значения модуля упругости фанеры в плоскости листа E_p , модуля сдвига E_{pv} и коэффициента Пуассона μ_p при расчете по II группе предельных состояний следует принимать по таблице 6.13.

6.2.3.2 При расчете элементов из фанеры (расчет на устойчивость и прочность по деформированной схеме) необходимо применять минимальные значения модуля упругости и модуля сдвига с обеспеченностью не ниже 0,99, определяемые из выражений

$$E_{p,nom} = 250f_{pc,0,d}, \quad E_{pv,nom} = E_{pv} \cdot (E_{p,nom}/E_p), \quad (6.4)$$

где $f_{pc,0,d}$ — расчетное сопротивление фанеры сжатию в плоскости листа;

E_p, E_{pv} — соответственно модуль упругости и модуль сдвига фанеры в плоскости листа.

6.2.3.3 В зависимости от условий эксплуатации модуль упругости и модуль сдвига фанеры следует определять путем умножения приведенных в таблице 6.13 значений E_p и E_{pv} на коэффициенты k_{mod} (см. таблицу 6.3) и k_t по 6.1.4.7, перечисление б).

Таблица 6.13 — Модули упругости и сдвига, коэффициент Пуассона фанеры

| Вид фанеры | Модуль упругости E_p , МПа | Модуль сдвига E_{pv} , МПа | Коэффициент Пуассона μ_p |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 Фанера березовая марки ФСФ сортов не ниже III/IV семислойная и пятислойная: | | | |
| вдоль волокон наружных слоев | 9000 | 750 | 0,085 |
| поперек волокон наружных слоев | 6000 | 750 | 0,065 |
| под углом 45° к волокнам | 2500 | 3000 | 0,600 |
| 2 Фанера из древесины лиственницы марки ФСФ сортов не ниже III/IV семислойная: | | | |
| вдоль волокон наружных слоев | 7000 | 800 | 0,07 |
| поперек волокон наружных слоев | 5500 | 800 | 0,06 |
| под углом 45° к волокнам | 2000 | 2200 | 0,60 |
| 3 Фанера бакелизированная марки ФБС: | | | |
| вдоль волокон наружных слоев | 12 000 | 1000 | 0,085 |
| поперек волокон наружных слоев | 8500 | 1000 | 0,065 |
| под углом 45° к волокнам | 3500 | 4000 | 0,700 |

6.3 Клеи

6.3.1 Для изготовления деревянных клееных конструкций должны применяться клеи, способные образовывать соединения такой прочности и долговечности, чтобы целостность клеевой связи сохранялась в течение расчетного срока службы конструкции.

6.3.2 Клеи должны обеспечивать прочность клеевых соединений для сосны и ели при скалывании вдоль волокон древесины по ГОСТ 15613.1 через 3 сут после склеивания не менее 6,5 МПа.

6.3.3 В зависимости от назначения склеиваемых элементов и условий эксплуатации клеи подразделяются на группы, устанавливаемые в соответствии с таблицей 6.14.

6.3.4 Клеи II группы могут быть заменены клеями I группы, клеи III группы — соответственно клеями I и II групп, а клеи IV группы — клеями I, II и III групп.

Таблица 6.14 — Группы клеев

| Материал склеиваемых элементов и условия эксплуатации по таблице 6.1 | Группа клеев |
|--|--------------|
| Склеивание по пласти основных несущих элементов большепролетных конструкций для всех условий эксплуатации, кроме 4 и 5 классов эксплуатации | I |
| Склеивание по пласти второстепенных элементов (второстепенные балки, прогоны, связевые элементы и т. п.) для всех условий эксплуатации, кроме 4 и 5 классов эксплуатации | II |
| Соединение элементов на зубчатый шип для всех условий эксплуатации, кроме 4 и 5 классов эксплуатации | III |
| Соединение фанера-древесина для всех условий эксплуатации, кроме 4 и 5 классов эксплуатации | IV |
| Вклеивание в древесину стальных деталей | V |

7 Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям I группы

7.1 Общие положения

7.1.1 Раздел применяется для расчета элементов из цельной и клееной древесины, а также клефанерных элементов.

Расчет конструкций допускается выполнять с использованием численных методов при соблюдении следующих требований:

- моделирование свойств древесины производят, как транстропного материала;
- для сжатых и сжато-изгибаемых элементов с гибкостью $\lambda \geq 35$ расчет, как правило, выполняют по деформированной схеме;
- проверку напряжений необходимо производить для наиболее опасных сечений элементов.

7.1.2 Допускается проектирование деревянных конструкций на основании испытаний, проведенных в соответствии с требованиями СТБ 1591.

7.2 Центральные растянутые элементы

7.2.1 Центральные растянутые вдоль волокон элементы следует рассчитывать по формуле

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} \leq f_{t,0,d}, \quad (7.1)$$

где N_d — расчетная продольная сила;

A_{inf} — площадь поперечного сечения элемента нетто;

$f_{t,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон.

7.2.2 При определении A_{inf} , ослабления, расположенные на участке длиной до 0,2 м, следует принимать совмещенными в одном сечении.

7.2.3 Растянутые элементы постоянного сечения с несимметричным ослаблением следует рассчитывать на внецентренное растяжение по формуле (7.20).

7.2.4 В сечениях элементов с равномерным растяжением поперек волокон должны соблюдаться следующие условия:

$$\sigma_{t,90,d} = N_d/A_d \leq f_{t,90,d} \quad \text{— для цельной древесины;} \quad (7.2)$$

$$\sigma_{t,90,d} = N_d/A_d \leq k_1 \cdot f_{t,90,d} \quad \text{— для клееной древесины,} \quad (7.3)$$

где $k_1 = 0,8$ — коэффициент, учитывающий снижение прочности клееного шва при растяжении поперек волокон;

N_d — расчетная продольная сила;

A_d — расчетная площадь поперечного сечения.

7.3 Центральные сжатые элементы

Элементы из цельной и клееной древесины

7.3.1 Центральные сжатые элементы постоянного поперечного сечения следует рассчитывать по формулам:

на прочность

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{inf}}} \leq f_{c,0,d}, \quad (7.4)$$

на устойчивость

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{k_c A_d} \leq f_{c,0,d}, \quad (7.5)$$

где $f_{c,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон;

A_d — расчетная площадь поперечного сечения, принимаемая равной:

— площади сечения брутто A_{sup} , если ослабления не выходят на кромки и площадь ослабления не превышает 25 % площади брутто;

— площади сечения нетто A_{inf} с коэффициентом 4/3, если ослабления не выходят на кромки и площадь ослабления превышает 25 % площади брутто;

— площади сечения нетто A_{inf} , если ослабления выходят на кромки;

k_c — коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле (7.6) или (7.7).

7.3.2 При расчете центрально сжатых элементов на устойчивость следует учитывать упругую и упругопластическую работу древесины. Критические напряжения в указанных областях разделяются граничной гибкостью, которая в расчетах принята равной $\lambda_{\text{rel}} = 70$.

Коэффициент продольного изгиба следует определять по формуле (7.6) или (7.7), в зависимости от гибкости элемента:

$$k_c = 1 - c \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \quad \text{при } \lambda \leq \lambda_{\text{rel}}, \quad (7.6)$$

$$k_c = \frac{C}{\lambda^2} \quad \text{при } \lambda > \lambda_{\text{rel}}, \quad (7.7)$$

где $c = 0,8$ для древесины и $c = 1$ для фанеры;

$C = 3000$ для древесины и $C = 2500$ для фанеры.

7.3.3 Гибкость элементов цельного, постоянного по длине сечения определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l_d}{i}, \quad (7.8)$$

где l_d — расчетная длина элемента;

i — радиус инерции сечения элемента в направлении соответствующей оси.

7.3.4 Расчетную длину элемента l_d следует определять по формуле

$$l_d = \mu_0 l, \tag{7.9}$$

где μ_0 — коэффициент, определяемый в соответствии с требованиями 7.7;
 l — свободная длина элемента.

7.3.5 Расчет на устойчивость центрально сжатых элементов переменного по высоте и постоянно по ширине сечения следует выполнять по формуле

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{k_c \cdot A_{max} \cdot k_{g,n}} \leq f_{c,0,d}, \tag{7.10}$$

где A_{max} — площадь поперечного сечения брутто с максимальными размерами;
 $k_{g,n}$ — коэффициент, учитывающий переменность высоты сечения, определяемый по таблице 7.1;
 k_c — коэффициент продольного изгиба, определяемый согласно 7.3.2 для гибкости, соответствующей сечению с максимальными размерами.

Таблица 7.1 — Значения коэффициента $k_{g,n}$ для расчета сжатых и сжато-изогнутых элементов с переменной высотой и постоянной шириной сечения

| Условия опирания элементов | Значения коэффициента $k_{g,n}$ | | | |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------|---|----------------|
| | Элементы прямоугольного сечения | | Элементы двутаврового и коробчатого сечений | |
| | В плоскости yz | В плоскости xz | В плоскости yz | В плоскости xz |
| | $(0,4 + 0,6\beta) \cdot \beta$ | $0,4 + 0,6\beta$ | β | 1 |
| | $0,7 + 0,93\beta$ | $0,66 + 0,34\beta$ | $0,35 + 0,6 \beta$ | 1 |

Составные элементы на податливых связях

7.3.6 Составные элементы на податливых связях, опертые всем сечением, следует рассчитывать на прочность и устойчивость по формулам (7.4) и (7.5), при этом A_{inf} и A_d определяют как суммарные площади всех ветвей.

Гибкость составных элементов λ следует определять с учетом податливости связей по формуле

$$\lambda = \sqrt{(k_\lambda \cdot \lambda_y)^2 + \lambda_1^2}, \tag{7.11}$$

где λ_y — гибкость всего элемента относительно оси y (рисунок 7.1), вычисленная по расчетной длине элемента l_d без учета податливости;
 λ_1 — гибкость отдельной ветви относительно собственной оси, вычисленная по расчетной длине l_1 (при $l_1 < 7h_1$ принимают $\lambda_1 = 0$);
 k_λ — коэффициент приведения гибкости.

Коэффициент приведения гибкости определяют по формуле

$$k_{\lambda} = \sqrt{1 + k_k \cdot \frac{bhn_1 \cdot 10^4}{l_d^2 \cdot n_2}}, \quad (7.12)$$

где b , h и l_d — ширина, высота поперечного сечения и расчетная длина элемента, м;
 n_1 — суммарное количество швов сдвига в элементе (на рисунке 7.1 — по четыре шва для каждого элемента);
 n_2 — расчетное среднее количество срезов связей в одном шве на 1 м элемента;
 k_k — коэффициент податливости соединений, определяемый по таблице 7.2.

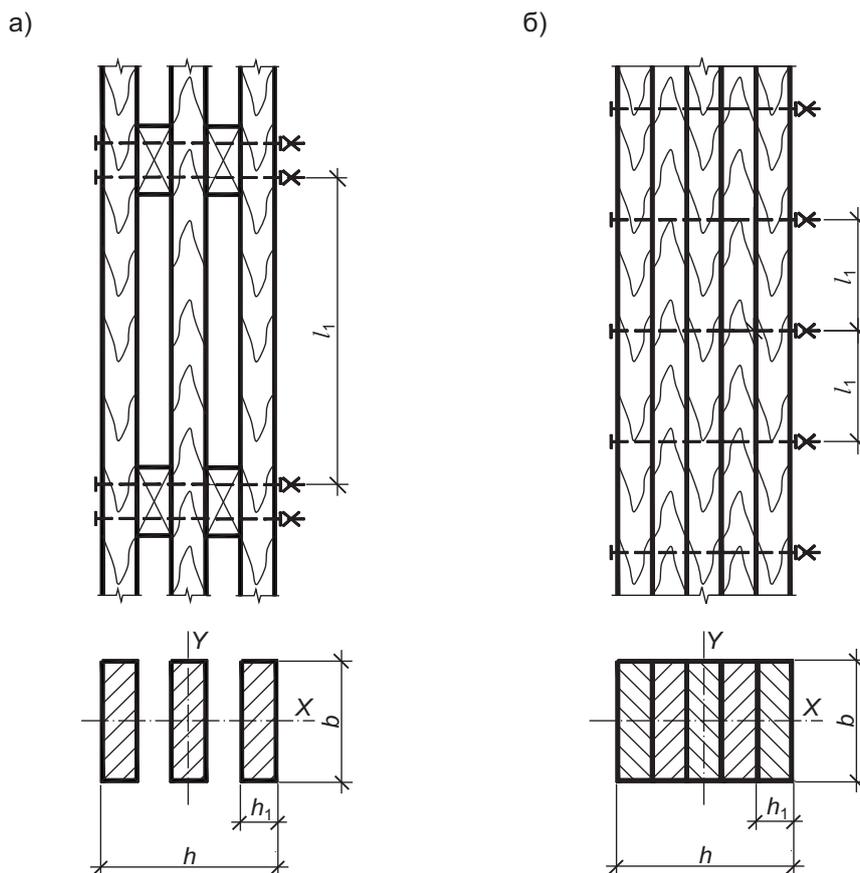


Рисунок 7.1 — Составные элементы:

а — с прокладками;
 б — без прокладок

7.3.7 При определении коэффициента k_k следует руководствоваться следующими правилами:

- диаметр гвоздей следует принимать не более 0,1 толщины соединяемых элементов;
- если размер защемленных концов гвоздей менее $4d$, то срезы в примыкающих к ним швах в расчете не учитывают;
- в соединениях на стальных цилиндрических нагелях следует учитывать толщину более тонкого из соединяемых элементов;
- при расчете диаметр дубовых нагелей следует принимать не более 0,25 толщины более тонкого из соединяемых элементов.

Связи в швах следует расставлять равномерно по длине элемента.

Таблица 7.2 — Значения коэффициента k_k

| Вид связей | Силовое воздействие | |
|--|----------------------------|----------------------------|
| | центральным сжатием | сжатием с изгибом |
| 1 Гвозди | $1/(10d^2)$ | $1/(5d^2)$ |
| 2 Стальные цилиндрические нагели: при $d \leq h_1/7$ при $d > h_1/7$ | $1/(5d^2)$ $1,5/(h_1d)$ | $1/(2,5d^2)$ $3/(h_1d)$ |
| 3 Дубовые цилиндрические нагели | $1/d^2$ | $1,5/d^2$ |
| 4 Клей | 0 | 0 |

Примечание — Диаметры гвоздей и нагелей d и толщину соединяемых элементов h_1 следует принимать в сантиметрах.

7.3.8 Гибкость составного элемента, вычисленную по формуле (7.11), следует принимать не более гибкости отдельных ветвей, определяемой по формуле

$$\lambda_1 = \frac{l_d}{\sqrt{\sum J_{i,\text{sup}} / A_{\text{sup}}}}, \quad (7.13)$$

где l_d — расчетная длина элемента;

$\sum J_{i,\text{sup}}$ — сумма моментов инерции брутто поперечных сечений отдельных ветвей относительно собственных осей, параллельных оси y (см. рисунок 7.1);

A_{sup} — площадь сечения брутто элемента.

7.4 Изгибаемые элементы

7.4.1 Расчет изгибаемых элементов на прочность по нормальным напряжениям следует производить по формуле

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}, \quad (7.14)$$

где M_d — расчетный изгибающий момент;

$f_{m,d}$ — расчетное сопротивление изгибу;

W_d — расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента.

Для элементов из цельной древесины $W_d = W_{\text{inf}}$.

При определении W_{inf} , ослабления сечений, расположенные на участке длиной до 200 мм, следует принимать совмещенными в одном расчетном сечении.

Для составных элементов на податливых связях $W_d = k_w \cdot W_{\text{inf}}$; значения коэффициента k_w для элементов из одинаковых слоев приведены в таблице 7.3.

7.4.2 Расчет изгибаемых элементов на прочность при скалывании следует производить по формуле

$$\tau_{v,0,d} = \frac{V_d \cdot S_{\text{sup}}}{J_{\text{sup}} \cdot b_d} \leq f_{v,0,d}, \quad (7.15)$$

где V_d — расчетная поперечная сила;

S_{sup} — статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси;

J_{sup} — момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси;

b_d — расчетная ширина сечения элемента;

$f_{v,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины скалыванию при изгибе.

Таблица 7.3 — Значения коэффициентов k_w и k_i

| Обозначение коэффициентов | Количество слоев в элементе | Значения коэффициентов для расчета изгибаемых составных элементов при величине пролета, м | | | |
|---------------------------|-----------------------------|---|------|------|-----------|
| | | 2 | 4 | 6 | 9 и более |
| k_w | 2 | 0,70 | 0,85 | 0,90 | 0,90 |
| | 3 | 0,60 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| | 10 | 0,40 | 0,70 | 0,80 | 0,85 |
| k_i | 2 | 0,45 | 0,65 | 0,75 | 0,80 |
| | 3 | 0,25 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
| | 10 | 0,07 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |

Примечание — Для промежуточных значений величины пролета и количества слоев коэффициенты определяются интерполяцией.

7.4.3 Расчет элементов цельного сечения на прочность при косом изгибе следует производить по формуле

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{xd}}{W_{xd}} + \frac{M_{yd}}{W_{yd}} \leq f_{m,d}, \quad (7.16)$$

где M_{xd} и M_{yd} — составляющие расчетного изгибающего момента для главных осей сечения X и Y;
 w_{xd} и w_{yd} — расчетные моменты сопротивления поперечного сечения относительно главных осей X и Y.

7.4.4 Количество срезов связей n_s , равномерно расставленных в каждом шве составного элемента на участке с однозначной эпюрой поперечных сил, должно удовлетворять условию

$$n_s \geq \frac{1,5 \cdot (M_B - M_A) \cdot S_{sup}}{R_{i,d} \cdot J_{sup}}, \quad (7.17)$$

где $R_{i,d}$ — расчетная несущая способность связи в данном шве;
 M_A и M_B — изгибающие моменты в начальном A и конечном B сечениях рассматриваемого участка.

При наличии в шве связей разной несущей способности, но одинаковых по характеру работы (например, нагелей и гвоздей), их несущие способности следует суммировать.

7.4.5 Для изгибаемых элементов, не имеющих постоянного подкрепления сжатой кромки из плоскости изгиба, следует производить проверку устойчивости плоской формы деформирования по формуле

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{M_{max}}{k_{inst} \cdot W_{sup}} \leq f_{m,d}, \quad (7.18)$$

где M_{max} — максимальный изгибающий момент на рассматриваемом участке l_m ;
 W_{sup} — момент сопротивления брутто на том же участке;
 k_{inst} — коэффициент устойчивости изгибаемого элемента.

7.4.6 Коэффициент k_{inst} для изгибаемых элементов прямоугольного поперечного сечения, шарнирно закрепленных от смещения из плоскости изгиба и закрепленных от поворота вокруг продольной оси в опорных сечениях, следует определять по формуле

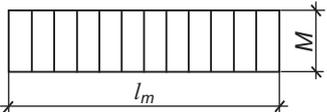
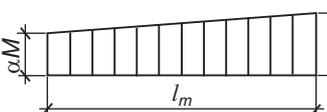
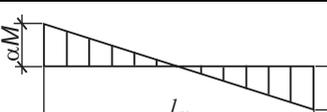
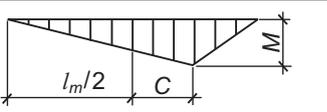
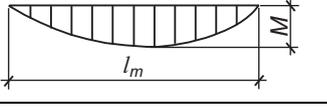
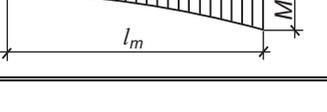
$$k_{inst} = 140 \cdot \frac{b^2}{l_m \cdot h} \cdot k_f, \quad (7.19)$$

где l_m — расстояние между точками закрепления сжатой кромки от смещения из плоскости изгиба;
 b — ширина поперечного сечения;

h — максимальная высота поперечного сечения на участке l_m ;
 k_f — коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке l_m , определяемый по таблице 7.4.

При подкреплении из плоскости изгиба в промежуточных точках растянутой кромки элемента на участке l_m коэффициент k_{inst} следует умножать на коэффициент $k_{r,m}$, определяемый по формуле (7.25).

Таблица 7.4 — Значения коэффициента k_f

| Форма эпюры моментов | Значения коэффициента k_f | |
|---|--|--|
| | при свободной растянутой кромке | при закрепленной растянутой кромке |
|  | 1 | 1 |
|  | $1,75 - 0,75\alpha$ при $0 < \alpha \leq 1$ | $3/(2 + \alpha)$ при $0 < \alpha \leq 1$ |
|  | $2 - (0,5 + \alpha)^2$ при $-1 \leq \alpha \leq 0$ | $3/(2 + \alpha)$ при $-2 \leq \alpha \leq 0$ |
|  | $1,35 + 1,45 (c/l_m)^2$ | $1,35 + 0,3 (c/l_m)$ |
|  | 1,13 | 1,13 |
|  | 2,54 | 2,32 |

7.4.7 При расчете изгибаемых элементов с линейно меняющейся по длине высотой и постоянной шириной поперечного сечения, не имеющих закреплений из плоскости его растянутой кромки, коэффициент k_{inst} следует умножать на дополнительный коэффициент $k_{g,m}$, зависящий от формы эпюры моментов по длине l_m и принимаемый по таблице 7.5.

7.5 Растянуто-изгибаемые и внецентренно растянутые элементы

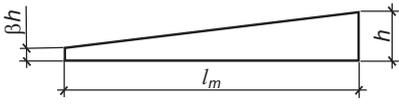
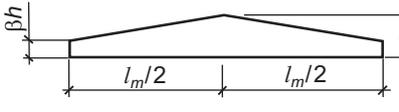
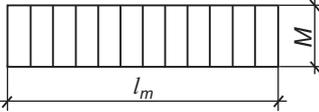
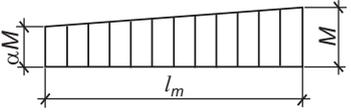
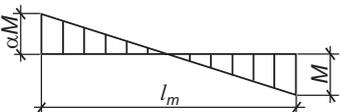
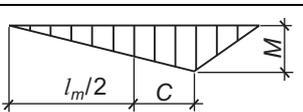
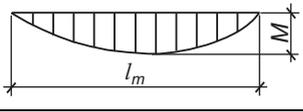
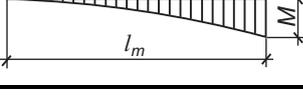
Расчет растянуто-изгибаемых и внецентренно растянутых элементов на прочность по нормальным напряжениям следует производить по формуле

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} + \frac{M_d}{W_d} \cdot \frac{f_{t,0,d}}{f_{m,d}} \leq f_{t,0,d}, \tag{7.20}$$

- где $f_{t,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины растяжению;
- $f_{m,d}$ — расчетное сопротивление древесины изгибу;
- W_d — расчетный момент сопротивления поперечного сечения по 7.4.1;
- A_{inf} — площадь расчетного сечения нетто.

В растянутых элементах постоянного сечения с несимметричным ослаблением сечения брутто изгибающий момент следует принимать $M_d = N_d \cdot e$, а эксцентриситет $e = h_o/2$. Здесь h_o — глубина ослабления односторонней врезкой.

Таблица 7.5 — Значения коэффициента $k_{g,m}$

| Форма эпюры моментов |  |  |
|---|---|--|
|  | $\beta^{1/2}$ | $\beta^{1/2}$ |
|  | $\beta^{1/(3-\alpha)}$ | $\beta^{1/2}$ |
|  | $\beta^{1/(3-\alpha)}$ | $\beta^{1/2}$ |
|  | $\beta^{1/(2+2c/l_m)}$ | $\beta^{1/(3-2c/l_m)}$ |
|  | $\beta^{1/2}$ | $\beta^{2/5}$ |
|  | $\beta^{1/4}$ | $\beta^{1/2}$ |

7.6 Сжато-изгибаемые и внецентренно сжатые элементы

7.6.1 Расчет на прочность по нормальным напряжениям сжато-изгибаемых и внецентренно сжатых элементов следует производить по формуле

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} + \frac{M_d}{k_{m,c} \cdot W_d} \leq f_{c,0,d}, \quad (7.21)$$

где M_d — изгибающий момент от действия поперечной нагрузки;

$f_{c,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины сжатию;

W_d — расчетный момент сопротивления поперечного сечения по 7.4.1;

A_{inf} — площадь расчетного сечения нетто;

$k_{m,c}$ — коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента.

7.6.2 Для шарнирно-опертых элементов при симметричных эпюрах изгибающих моментов синусоидального, параболического, полигонального и близкого к ним очертания, а также консольных элементов коэффициент $k_{m,c}$ определяется по формуле

$$k_{m,c} = 1 - \frac{N_d}{k_c \cdot f_{c,0,d} \cdot A_{sup}}, \quad (7.22)$$

где k_c — коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле (7.7).

7.6.3 В случае, когда эпюра изгибающих моментов не соответствует очертанию, указанному в 7.6.2, коэффициент $k_{m,c}$ следует умножать на поправочный коэффициент k_e , определяемый по формуле

$$k_e = a_n + k_{m,c} \cdot (1 - a_n), \tag{7.23}$$

где a_n — коэффициент, учитывающий очертание эпюры изгибающих моментов, определяется по таблице 7.6.

7.6.4 При несимметричном нагружении шарнирно-опертых элементов нагрузка раскладывается на симметричную S и кососимметричную K составляющие. Соответствующие им коэффициенты $k_{m,c,s}$ и $k_{m,c,k}$ определяются по формуле (7.22) при одной и той же сжимающей силе N_d . При этом соответствующие им гибкости $\lambda_s = l/i$ и $\lambda_k = l/(2i)$. Здесь l — длина всего стержня, шарнирно закрепленного по концам, а i — радиус инерции поперечного сечения в плоскости деформирования.

7.6.5 В элементах переменного по высоте сечения в формуле (7.22) следует принимать площадь A_{sup} для максимальной высоты сечения, а коэффициент k_c следует умножать на коэффициент $k_{g,n}$, принимаемый по таблице 7.1.

7.6.6 При отношении напряжений изгиба к напряжениям сжатия менее 0,1 сжато-изгибаемые элементы следует проверять на устойчивость по формуле (7.5) без учета изгибающего момента.

Таблица 7.6 — Значения коэффициента a_n

| Расчетная схема | Эпюра моментов | a_n |
|-----------------|----------------|-----------------------------|
| | | 1 |
| | | 1,22 |
| | | $2,44 \cdot (3 - 4a^2/l^2)$ |
| | | 1,62 |
| | | 0,81 |

7.6.7 Расчет на устойчивость плоской формы деформирования сжато-изгибаемых элементов сплошного сечения следует производить по формуле

$$\frac{N_d}{k_c \cdot f_{c,0,d} \cdot A_{sup}} + \left(\frac{M_d}{k_{m,c} \cdot k_{inst} \cdot f_{m,d} \cdot W_{sup}} \right)^n \leq 1, \tag{7.24}$$

- где A_{sup} — площадь брутто с максимальными размерами сечения элемента на участке l_m ;
- W_{sup} — максимальный момент сопротивления брутто на участке l_m ;
- $n = 2$ — для элементов без закрепления растянутой зоны из плоскости деформирования на участке l_m и $n = 1$ — для элементов, имеющих такие закрепления;
- k_c — коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле (7.7) для любой гибкости участка элемента расчетной длиной l_m из плоскости деформирования;

$k_{m,c}$ — коэффициент, определяемый по формуле (7.22);

k_{inst} — коэффициент, определяемый по формуле (7.19).

7.6.8 При наличии в элементе на участке l_m закреплений из плоскости деформирования со стороны растянутой от момента кромки коэффициент k_{inst} следует умножать на коэффициент $k_{r,m}$, а коэффициент k_c — на коэффициент $k_{r,c}$.

Коэффициенты $k_{r,m}$ и $k_{r,c}$ для элементов прямоугольного сечения следует определять по формулам:

$$k_{r,m} = 1 + \left[0,142 \cdot \frac{l_m}{h} + 1,76 \cdot \frac{h}{l_m} + 1,4\alpha - 1 \right] \cdot \frac{m^2}{m^2 + 1}, \quad (7.25)$$

$$k_{r,c} = 1 + \left[0,75 + 0,06 \cdot \left(\frac{l_m}{h} \right)^2 + 0,6\alpha \cdot \frac{l_m}{h} - 1 \right] \cdot \frac{m^2}{m^2 + 1}, \quad (7.26)$$

где α — центральный угол в радианах участка l_m элемента кругового очертания (для прямолинейных элементов $\alpha = 0$);

m — количество промежуточных подкрепленных точек (с одинаковым шагом) растянутой кромки на участке l_m (при $m \geq 4$ величину $m^2/(m^2 + 1)$ следует принимать равной 1).

7.6.9 При расчете элементов переменного по высоте сечения, не имеющих закреплений из плоскости по растянутой от момента кромке или при $m < 4$, коэффициенты k_c и k_{inst} , определяемые по формулам (7.7) и (7.19), следует дополнительно умножать соответственно на коэффициенты $k_{g,n}$ и $k_{g,m}$, приведенные в таблицах 7.1 и 7.5.

7.6.10 В составных сжато-изгибаемых элементах следует проверять устойчивость наиболее напряженной ветви, если расчетная длина ее превышает 7 толщин ветви по формуле

$$\frac{N_d}{A_{sup}} + \frac{M_d}{k_{m,c} \cdot W_{sup}} \leq k_{c1} \cdot f_{c,0,d}, \quad (7.27)$$

где k_{c1} — коэффициент продольного изгиба для отдельной ветви, определенный по ее расчетной длине l_1 по 7.3.6;

A_{sup} и W_{sup} — площадь и момент сопротивления брутто поперечного сечения элемента.

Устойчивость сжато-изгибаемого составного элемента из плоскости изгиба следует проверять по формуле (7.5) без учета изгибающего момента.

7.6.11 Количество срезов связей n_c , равномерно расставленных в каждом шве сжато-изгибаемого составного элемента на участке с однозначной эпюрой поперечных сил при приложении сжимающей силы по всему сечению, должно удовлетворять условию

$$n_c \geq \frac{1,5M_d \cdot S_{sup}}{k_{m,c} \cdot R_{i,d} \cdot J_{sup}}, \quad (7.28)$$

где S_{sup} — статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения относительно нейтральной оси;

J_{sup} — момент инерции брутто поперечного сечения элемента;

$R_{i,d}$ — расчетная несущая способность одной связи в одном шве;

$k_{m,c}$ — коэффициент, определяемый по формуле (7.22).

7.6.12 Расчет на прочность по касательным напряжениям сжато-изгибаемых элементов следует производить по формуле (7.15), при этом расчетную поперечную силу V_d следует умножать на коэффициент $1/k_{m,c}$.

7.7 Расчетные длины и предельные гибкости элементов деревянных конструкций

7.7.1 Для определения расчетной длины прямолинейных элементов, нагруженных продольными силами по концам, коэффициент μ_0 следует принимать равным:

- | | |
|--|---------|
| — при шарнирно-закрепленных концах | — 1; |
| — при одном шарнирно-закрепленном и другом защемленном конце | — 0,8; |
| — при одном защемленном и другом свободном конце | — 2,2; |
| — при обоих защемленных концах | — 0,65. |

В случае равномерно распределенной по длине элемента продольной нагрузки коэффициент μ_0 следует принимать равным:

- при обоих шарнирно-закрепленных концах — 0,73;
- при одном защемленном и другом свободном конце — 1,2.

Расчетную длину пересекающихся элементов, соединенных между собой в месте пересечения, следует принимать равной:

- при проверке устойчивости в плоскости конструкций — расстоянию от центра узла до точки пересечения элементов;
- при проверке устойчивости из плоскости конструкции:
 - а) в случае пересечения двух сжатых элементов — полной длине элемента;
 - б) в случае пересечения сжатого элемента с неработающим — величине l_1 , умноженной на коэффициент μ_0 , определяемый по формуле

$$\mu_0 = \frac{l}{\sqrt{1 + \frac{l_1 \cdot \lambda_1^2 \cdot A_2}{l_2 \cdot \lambda_2^2 \cdot A_1}}}, \quad (7.29)$$

где l_1, λ_1, A_1 — полная длина, гибкость и площадь поперечного сечения сжатого элемента;
 l_2, λ_2, A_2 — длина, гибкость и площадь поперечного сечения неработающего элемента.

Величину μ_0 следует принимать не менее 0,5;

в) в случае пересечения сжатого элемента с растянутым равной по величине силой — наименьшей длине сжатого элемента, измеряемой от центра узла до точки пересечения элементов.

Если пересекающиеся элементы имеют составное сечение, то в формулу (7.29) следует подставлять соответствующие значения гибкости, определяемые по формуле (7.11).

7.7.2 Гибкость элементов и их отдельных ветвей в деревянных конструкциях не должна превышать значений, указанных в таблице 7.7.

Таблица 7.7 — Предельные гибкости элементов

| Наименование элементов конструкций | Предельная гибкость λ_{max} |
|---|-------------------------------------|
| 1 Сжатые пояса, опорные раскосы и опорные стойки ферм, колонны | 120 |
| 2 Прочие сжатые элементы ферм и других сквозных конструкций | 150 |
| 3 Сжатые элементы связей | 200 |
| 4 Растянутые пояса ферм: в вертикальной плоскости | 150 |
| в горизонтальной плоскости | 400 |
| 5 Прочие растянутые элементы ферм и других сквозных конструкций | 200 |
| <i>Примечание</i> — Для сжатых элементов переменного сечения значения предельных гибкостей λ_{max} умножаются на $\sqrt{k_{g,n}}$, где коэффициент $k_{g,n}$ принимают по таблице 7.1. | |

7.8 Клееные элементы из фанеры с древесиной

7.8.1 Расчет клееных элементов из фанеры с древесиной следует выполнять по методу приведенного поперечного сечения.

7.8.2 При расчете клеефанерных плит и панелей расчетные геометрические характеристики приведенного поперечного сечения следует определять по формулам:

$$A_{ef} = A_p + A_0 \frac{E_0}{E_p}, \quad (7.30)$$

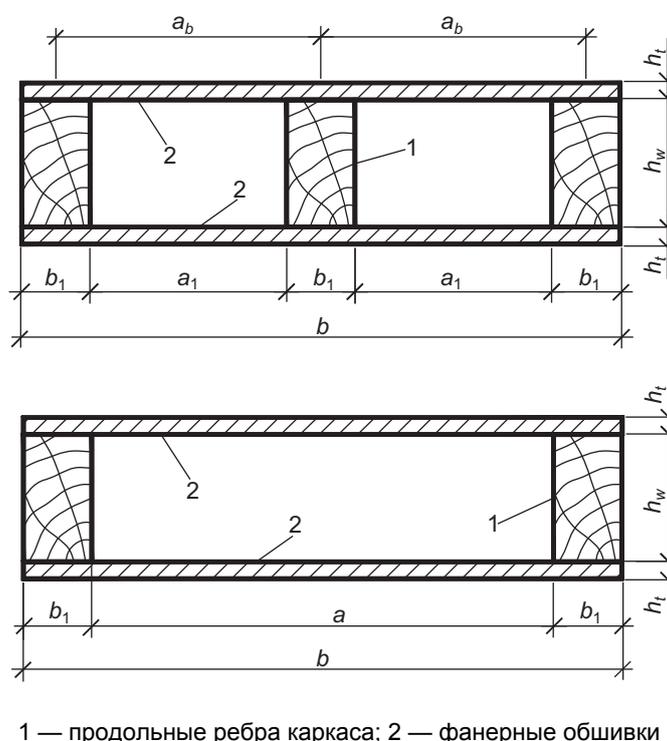
$$J_{ef} = J_p + J_0 \frac{E_0}{E_p}, \quad (7.31)$$

$$S_{ef} = S_p + S_0 \frac{E_0}{E_p}, \tag{7.32}$$

$$W_{ef} = \frac{J_{ef}}{y_0}, \tag{7.33}$$

где A_p, J_p, S_p и E_p — площадь поперечного сечения, момент инерции, статический момент фанерных обшивок и модуль упругости фанеры;
 A_0, J_0, S_0 и E_0 — площадь поперечного сечения, момент инерции, статический момент деревянных ребер каркаса и модуль упругости древесины;
 y_0 — расстояние от центра тяжести приведенного сечения до внешней грани обшивки.

При определении приведенных моментов инерции и приведенных моментов сопротивления расчетную ширину фанерных обшивок следует принимать равной $b_d = 0,9b$ при $l \geq 6a_b$ и $b_d = 0,15l/a_b$ при $l < 6a_b$ (b — полная ширина сечения плиты, l — пролет плиты, a_b — расстояние между продольными ребрами по осям).



1 — продольные ребра каркаса; 2 — фанерные обшивки

Рисунок 7.2 — Поперечное сечение клееных плит из фанеры и древесины

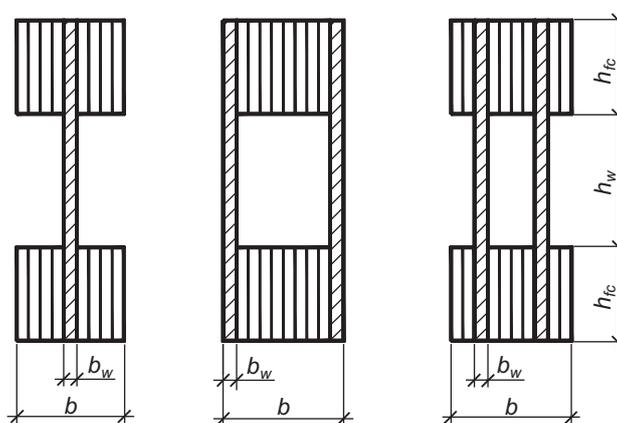


Рисунок 7.3 — Поперечные сечения клефанерных балок с плоской фанерной стенкой двутаврового и коробчатого сечений

7.8.3 Прочность растянутой обшивки плит следует проверять по формуле

$$\sigma_{p,t,d} = \frac{M_d}{W_{ef}} \leq k_p \cdot f_{pt,0,d}, \quad (7.34)$$

где $f_{pt,0,d}$ — расчетное сопротивление фанеры растяжению в плоскости листа вдоль наружных слоев;
 k_p — коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления в стыках фанерных обшивок, принимаемый равным при соединении на «ус» или с двусторонними накладками: $k_p = 0,6$ — для фанеры обычной и $k_p = 0,8$ — для фанеры бакелизированной. При отсутствии стыков $k_p = 1$.

7.8.4 Устойчивость сжатой обшивки плит следует проверять по формуле

$$\sigma_{p,c,d} = \frac{M_d}{W_0 \cdot \frac{E_0}{E_p} + k_{pf} W_p} \leq f_{pc,0,d}, \quad (7.35)$$

где $f_{pc,0,d}$ — расчетное сопротивление фанеры сжатию в плоскости листа вдоль наружных слоев;
 k_{pf} — коэффициент продольного изгиба.

Коэффициент продольного изгиба фанерных обшивок следует определять по формулам:

$$k_{pf} = 1 - \frac{(a_1 / h_t)^2}{5000} \text{ при } \frac{a_1}{h_t} < 50, \quad (7.36)$$

$$k_{pf} = \frac{1250}{(a_1 / h_t)^2} \text{ при } \frac{a_1}{h_t} \geq 50, \quad (7.37)$$

где a_1 — расстояние между ребрами в свету;
 h_t — толщина фанеры.

7.8.5 Верхняя обшивка плит дополнительно должна быть проверена на местный изгиб от сосредоточенной нагрузки 1 кН с коэффициентом надежности, равным $\gamma_f = 1,2$, как пластинка, защемленная в местах приклеивания к ребрам. При вычислении момента сопротивления расчетная полоса обшивки принимается равной 1,0 м.

7.8.6 Прочность на скалывание по клеевому шву в месте примыкания обшивок к ребрам следует проверять по формуле (7.38), а на скалывание древесины ребер по нейтральной оси — по формуле (7.39):

$$\tau_{pv,d} = \frac{V_d \cdot S_p}{J_{ef} \cdot \sum b_1} \leq f_{pv,0,d}, \quad (7.38)$$

$$\tau_{v,0,d} = \frac{V_d \cdot S_{0,ef}}{J_{0,ef} \cdot \sum b_1} \leq f_{v,0,d}, \quad (7.39)$$

где V_d — расчетная поперечная сила;
 S_p, J_{ef} — статический момент фанерной обшивки и момент инерции приведенного сечения относительно нейтральной оси;
 $S_{0,ef}, J_{0,ef}$ — статический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси и момент инерции сечения, приведенные к материалу ребер;
 $f_{pv,0,d}$ и $f_{v,0,d}$ — расчетные сопротивления скалыванию соответственно вдоль волокон наружных слоев фанеры и древесины вдоль волокон;
 $\sum b_1$ — суммарная ширина сечения ребер каркаса или стенок.

7.8.7 В клефанерных балках двутаврового, коробчатого и двутаврово-коробчатого сечений фанерную стенку толщиной не менее 8 мм целесообразно располагать наружными слоями вдоль оси балки (см. рисунок 7.3).

7.8.8 При расчете клефанерных балок по нормальным напряжениям геометрические характеристики следует приводить к древесине поясов.

Расчет растянутого пояса следует выполнять по формуле (7.40), а сжатого — по формуле (7.41):

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{M_d}{W_{0,ef}} \leq f_{t,0,d}, \quad (7.40)$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{M_d}{k_c \cdot W_{0,ef}} \leq f_{c,0,d}, \quad (7.41)$$

где $W_{0,ef}$ — момент сопротивления поперечного сечения балки, приведенный к древесине пояса;
 $f_{t,0,d}$ и $f_{c,0,d}$ — расчетные сопротивления древесины соответственно растяжению и сжатию;
 k_c — коэффициент продольного изгиба верхнего пояса из плоскости балки, определяемый по формулам (7.6) или (7.7).

7.8.9 Прочность фанерной стенки в опасных сечениях, к которым относятся зона первого от опоры стыка и места приложения сосредоточенных нагрузок, следует проверять на действие главных растягивающих напряжений по формуле

$$\sigma_{pt,\alpha,d} = \frac{\sigma_w}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_w}{2}\right)^2 + \tau_w^2} \leq f_{pt,\alpha,d} \cdot k_p, \quad (7.42)$$

где σ_w и τ_w — нормальные и касательные напряжения в фанерной стенке на уровне внутренней кромки поясов;
 $f_{pt,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление фанеры растяжению под углом α , определяемое по графику, приведенному в приложении Б;
 k_p — коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления фанеры, состыкованной на «ус» при работе ее на изгиб в плоскости листа, и принимаемый $k_p = 0,8$;
 α — угол, определяемый из зависимости

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\tau_w}{\sigma_w}. \quad (7.43)$$

7.8.10 Проверку фанерной стенки на срез по нейтральной оси и скалывание по швам между поясами и стенкой необходимо производить по формулам:

$$\tau_{w,d} = \frac{V_d \cdot S_{p,ef}}{J_{p,ef} \cdot \sum b_w} \leq f_{pv,90,d}, \quad (7.44)$$

$$\tau_{p,v,d} = \frac{V_d \cdot S_{ef}}{J_{p,ef} \cdot n h_f} \leq f_{pv,0,d}, \quad (7.45)$$

где $S_{p,ef}$ и $J_{p,ef}$ — приведенные к фанере статический момент половины сечения балки относительно нейтральной оси и момент инерции сечения;
 S_{ef} — приведенный к фанере статический момент сечения пояса относительно нейтральной оси;
 $\sum b_w$ — расчетная ширина, равная сумме значений толщины фанерных стенок;
 n — количество вертикальных швов фанерных стенок с поясами балки;
 h_f — высота сечения поясов;
 $f_{pv,90,d}$ и $f_{pv,0,d}$ — расчетные сопротивления фанеры соответственно срезу перпендикулярно плоскости и скалыванию в плоскости листа.

7.8.11 Устойчивость фанерной стенки с продольным по отношению к оси балки расположением волокон наружных слоев следует проверять на действие касательных и нормальных напряжений при условии

$$h_w / b_w > 50, \quad (7.46)$$

где h_w — высота стенки между внутренними гранями поясов;
 b_w — толщина стенки.

Расчет следует производить в опорной панели и в расчетном сечении с максимальными напряжениями изгиба по формуле

$$\frac{\sigma_w}{k_\sigma \cdot \left(\frac{100b_w}{h_w}\right)^2} + \frac{\tau_w}{k_\tau \cdot \left(\frac{100b_w}{h_d}\right)^2} \leq 1, \quad (7.47)$$

где k_σ и k_τ — коэффициенты, определяемые по графикам на рисунках Б.2 и Б.3 (приложение Б);
 h_d — расчетная высота стенки, которую следует принимать равной h_w при расстоянии между ребрами $a \geq h_w$ и равной a при $a < h_w$.

При поперечном по отношению к оси балки расположении наружных волокон фанерной стенки проверку ее устойчивости следует производить по формуле (7.47) на действие только касательных напряжений в тех случаях, когда

$$h_w/b_w > 80. \quad (7.48)$$

8 Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям II группы

8.1 Деформации деревянных конструкций или их отдельных элементов следует определять с учетом сдвига и податливости соединений.

Величину деформаций податливого соединения при полном использовании его несущей способности следует принимать по таблице 8.1, а при неполном — пропорционально действующему усилию на соединение.

8.2 Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций и нагрузки, от которых следует определять прогибы, приведены в таблице 19 СНиП 2.01.07.

8.3 Прогибы изгибаемых элементов следует определять по моменту инерции поперечного сечения брутто. Для составных сечений момент инерции следует умножать на коэффициент k_i , учитывающий сдвиг податливых соединений, приведенный в таблице 7.3.

Наибольший прогиб шарнирно-опертых и консольных изгибаемых элементов постоянного и переменного сечений следует определять по формуле

$$u = u_0 / k_{h1} \cdot [1 + k_v (h/l)^2], \quad (8.1)$$

где u_0 — прогиб балки при постоянной высоте поперечного сечения без учета деформаций сдвига;
 h — наибольшая высота поперечного сечения;
 l — пролет балки;
 k_{h1} — коэффициент, учитывающий влияние переменной высоты сечения, $k_{h1} = 1$ при постоянной высоте поперечного сечения элемента;
 k_v — коэффициент, учитывающий влияние деформации сдвига от поперечной силы.

Значения коэффициентов k_{h1} и k_v для основных расчетных схем балок приведены в таблице 8.2.

8.4 Прогиб клефанерных плит и панелей следует определять с введением к жесткости сечения понижающего коэффициента, равного 0,7, который не распространяется на клефанерные балки.

8.5 Прогиб сжато-изгибаемых шарнирно-опертых симметрично нагруженных элементов и консольных элементов следует определять по формуле

$$u_N = u / k_{m,c}, \quad (8.2)$$

где u — прогиб, определяемый по формуле (8.1);
 $k_{m,c}$ — коэффициент, определяемый по формуле (7.22).

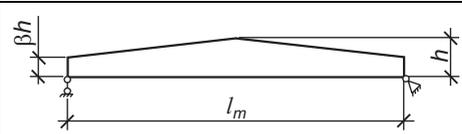
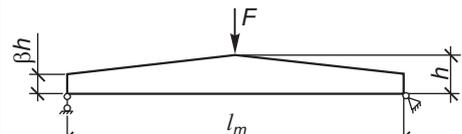
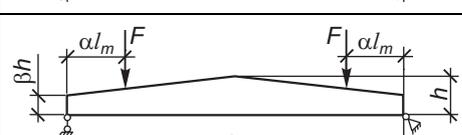
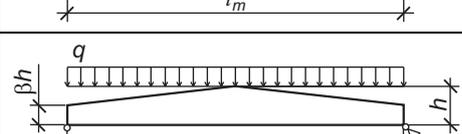
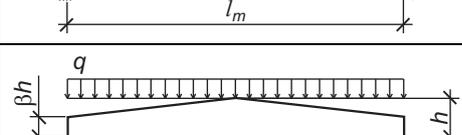
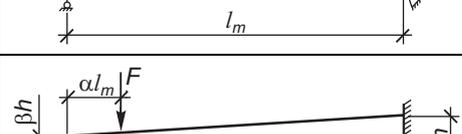
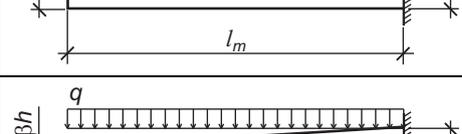
Таблица 8.1 — Деформации податливых соединений при полном использовании их несущей способности

| Вид соединения | Деформация соединения, мм |
|------------------------------------|---------------------------|
| На лобовых врубках и торец в торец | 1,5 |
| На нагелях всех видов | 2,0 |

Окончание таблицы 8.1

| Вид соединения | Деформация соединения, мм |
|---|---------------------------|
| В примыканиях поперек волокон | 3,0 |
| На металлических стержнях из арматурной стали, работающих на выдергивание и продавливание (клей ЭПЦ): | |
| вдоль волокон | 0,3 |
| под углом 30°–45° к волокнам | 0,4 |
| поперек волокон | 1,0 |
| В клеевых соединениях | 0 |

Таблица 8.2 — Значения коэффициентов k_v и k_{n1} для определения прогибов балок с учетом переменности сечения и деформаций сдвига

| Поперечное сечение балки | Расчетная схема | k_{n1} | k_v |
|---|---|---|---|
| Прямоугольное |  | β | 0 |
| Прямоугольное |  | $0,23 + 0,77\beta$ | $16,4 + 7,6\beta$ |
| Прямоугольное |  | $0,5\alpha + (1 - 0,5\alpha) \cdot \beta$ | $[45 - 24\alpha \cdot (1 - \beta) + 3\beta] \cdot 1/(3 - 4\alpha^2)$ |
| Прямоугольное |  | $0,15 + 0,85\beta$ | $15,4 + 3,8\beta$ |
| Двутавровое |  | $0,4 + 0,6\beta$ | $(45,3 - 6,9\beta) \cdot \gamma$ |
| Прямоугольное |  | $0,23 + 0,77\beta + 0,6\alpha \times (1 - \beta)$ | $[8,2 + 2,4(1 - \beta) \cdot \alpha + 3,8\beta] \cdot 1/((2 + \alpha) \times (1 - \alpha))$ |
| Прямоугольное |  | $0,35 + 0,65\beta$ | $5,4 + 2,6\beta$ |
| <i>Примечание</i> — γ — отношение площади поясов к площади стенки двутавровой балки (высота стенки принимается между центрами тяжести поясов). | | | |

9 Соединения элементов деревянных конструкций

9.1 Общие положения

9.1.1 Соединения деревянных конструкций разделяются на податливые и жесткие. К первым следует относить соединения на цилиндрических и пластинчатых нагелях, металлических зубчатых пластинах (МЗП), металлических нагельных пластинах (МНП), ввинченных стержнях, врезках и врубках. К жестким следует относить клеевые соединения древесины с древесиной и с другими плитными материалами, а также соединения на вклеенных стальных или стеклопластиковых стержнях.

9.1.2 Действующее на соединение (связь) усилие не должно превышать расчетную несущую способность соединения (связи).

9.1.3 Деформации в соединениях в результате действия расчетной нагрузки не должны превышать величин, указанных в таблице 8.1.

9.1.4 В зоне соединений не допускается наличие дефектов и повреждений древесины (трещины, гниль, несросшиеся сучки и т. п.).

9.1.5 При расчете следует учитывать, что несущая способность многосрезного соединения обычно меньше, чем суммарная несущая способность отдельных связей.

9.1.6 Не следует применять узлы и стыки конструкций с соединениями на связях различной податливости.

9.1.7 При нагрузках, изменяющихся от растяжения F_t до сжатия F_c , расчет крепежных соединений (связей) следует вести для наибольшего из двух значений: $F_t + 0,5F_c$ и $F_c + 0,5F_t$, где F_c — принимается по абсолютной величине.

9.1.8 При проектировании соединений для клееной древесины с большой высотой поперечного сечения следует учитывать влияние изменения температурно-влажностных условий на каждый элемент соединения.

9.1.9 В случае, если усилие действует под углом к волокнам древесины, следует учесть влияние растягивающих напряжений поперек волокон.

9.1.10 При отсутствии методики по расчету новых видов соединений разрешается определять их несущую способность и деформативность на основе испытаний в соответствии с требованиями действующих стандартов.

9.2 Клеевые соединения

9.2.1 Клеевые соединения следует использовать:

— для образования сплошного сечения многослойных клеодошчатых и клееных брусчатых и бревенчатых элементов путем сплачивания слоев досок (ламелей) по высоте и/или по ширине сечения (рисунок 9.1);

— для стыкования на зубчатый шип и на «ус» пиломатериалов и фанеры;

— для соединения фанеры с древесиной в клеефанерных конструкциях.

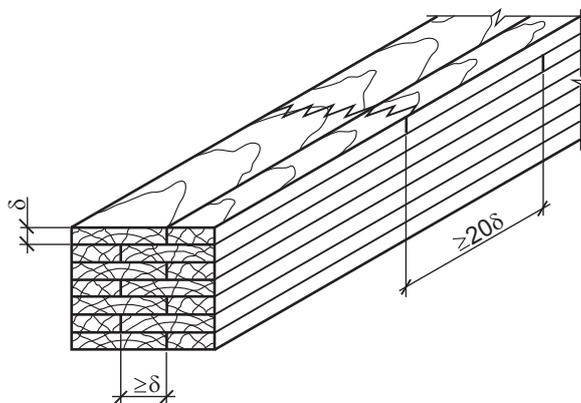


Рисунок 9.1 — Клеевые соединения

9.2.2 При сплачивании по высоте и ширине сечения многослойных клеодошчатых элементов швы склеиваемых кромок в смежных слоях следует смещать между собой не менее чем на толщину слоя δ .

9.2.3 В многослойных клеодощатых элементах расстояние «в свету» между стыками на зубчатый шип в отдельных слоях должно быть не менее 300 мм, в смежных слоях — не менее 20 значений толщины слоя, при этом в каждом сечении элемента допускается стыковать не более 1/4 всех слоев.

9.2.4 В сжатых и внецентренно сжатых элементах при обосновании, а в изгибаемых и сжато-изгибаемых элементах вне зон с максимальными напряжениями допускается для сопряжения клеодощатых пакетов соединение на зубчатый шип по всей высоте сечения вдоль волокон или под углом $\alpha' \leq 10^\circ$ с обязательной проверкой прочности по следующим условиям:

— по максимальным нормальным напряжениям в зоне затупления зубчатых шипов

$$\sigma_{t,0,d} \cdot k_{os} \leq f_{t,0,d} \cdot k_h \cdot k_{\delta}; \quad (9.1)$$

— на отрыв по плоскостям склеивания

$$\sigma_{t,0,d} \cdot k_{ss} \leq f_{t,\alpha_s,d} \cdot k_h \cdot k_{\delta}; \quad (9.2)$$

— по приведенным напряжениям, действующим под углом α к волокнам древесины

$$\sigma_{t,0,d} \cdot k_{\alpha 1} \leq f_{t,\alpha 1,d} \cdot k_h \cdot k_{\delta}; \quad (9.3)$$

где $\sigma_{t,0,d}$ — расчетные значения краевых растягивающих напряжений в соединяемых элементах, действующих вдоль волокон древесины;

k_{os} — коэффициент условий работы сечения, проходящего по остриям шипов соединения;

k_{ss} — коэффициент, учитывающий напряженное состояние клеевых швов в стыке;

$k_{\alpha 1}$ — коэффициент, учитывающий величину и направление приведенных напряжений, действующих под углом α_1 к волокнам древесины;

α_s — угол между нормалью к шву и направлением волокон древесины (рисунок 9.2);

$f_{t,\alpha_s,d}$ и $f_{t,\alpha 1,d}$ — расчетные значения сопротивления древесины при растяжении под углом α к направлению волокон, определяемые по формуле (10.2).

Коэффициенты условий работы и соответствующие углы следует принимать по таблице 9.1.

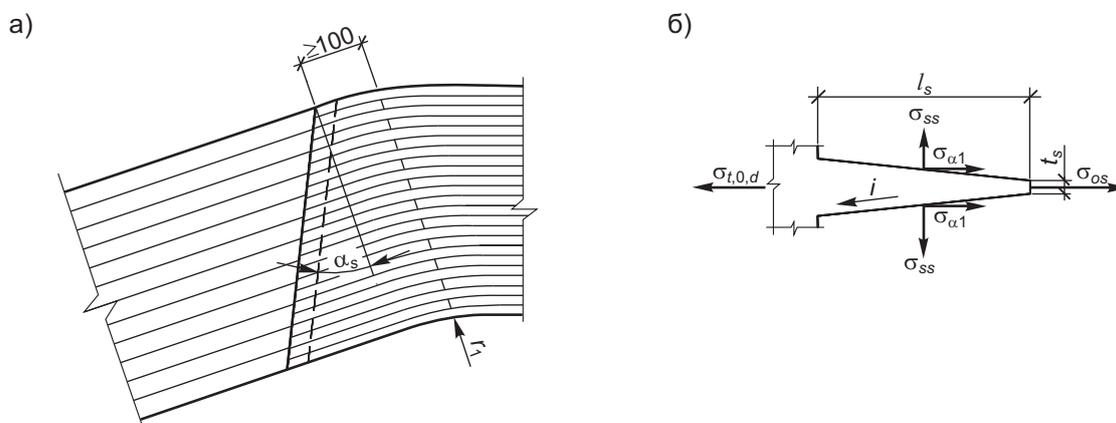


Рисунок 9.2 — Схема зубчато-шипового соединения при склеивании вдоль волокон древесины:
а — схема стыка на скос;
б — схема напряжений в зубчато-шиповом соединении

9.2.5 В клееных элементах из фанеры и древесины следует применять слои древесины шириной не более 100 мм при склеивании их с фанерой и не более 150 мм в примыканиях элементов под углом от 30° до 45°. Допускается применение слоев древесины шириной более 100 мм при склеивании с фанерой при условии устройства в них компенсационных продольных прорезей шириной до 3 мм и глубиной до 1/2 толщины слоя.

Таблица 9.1 — Значения коэффициентов условий работы зубчато-шипового соединения при склеивании вдоль волокон древесины в зависимости от основных параметров зубьев

| Уклон зуба i | Значения коэффициента k_{os} | | | | Угол α_s , град | Значения коэффициента k_{ss} | | | | Угол α_1 , град | Значения коэффициента $k_{\alpha 1}$ | | | |
|-------------------|----------------------------------|------|------|------|---------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------------------------------------|-------|------|-------|
| | Длина зуба l_s , мм | | | | | Длина зуба l_s , мм | | | | | Длина зуба l_s , мм | | | |
| | 50 | | 32 | | | 50 | | 32 | | | 50 | | 32 | |
| | Длина затупления зуба t_s , мм | | | | | Длина затупления зуба t_s , мм | | | | | Длина затупления зуба t_s , мм | | | |
| | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 1,5 |
| 1:8 | 1,33 | 1,67 | 1,49 | 1,75 | 82,90 | 0,0300 | 0,0375 | 0,0413 | 0,0450 | 11,2 | 0,731 | 0,809 | 0,86 | 0,980 |
| 1:10 | 1,23 | 1,48 | 1,35 | 1,59 | 84,30 | 0,0225 | 0,0281 | 0,0300 | 0,0341 | 8,5 | 0,830 | 0,900 | 0,96 | 1,090 |
| 1:12 | 1,18 | 1,37 | 1,30 | 1,52 | 85,24 | 0,0187 | 0,0225 | 0,0225 | 0,0262 | 7,8 | 0,908 | 0,973 | 1,03 | 1,161 |
| 1:14 | 1,15 | 1,29 | 1,26 | 1,48 | 85,92 | 0,0157 | 0,0187 | 0,0172 | 0,0202 | 7,2 | 0,945 | 1,020 | 1,08 | 1,215 |
| 1:16 | 1,12 | 1,26 | 1,22 | 1,45 | 86,43 | 0,0135 | 0,0157 | 0,0150 | 0,0169 | 6,8 | 0,980 | 1,045 | 1,12 | 1,240 |

Примечание — При непосредственном сопряжении элементов под углом α^i расчетные сопротивления в формулах (10.1) – (10.3) корректируются путем умножения их на отношение $f_{t,\alpha^i,d} / f_{t,0,d}$, причем $f_{t,\alpha^i,d}$ определяется по формуле (10.2).

9.2.6 Клеевые соединения в деревянных конструкциях следует применять при соблюдении требований ТНПА к исходным материалам, клееным изделиям и технологического регламента на выполнение клеевых соединений.

9.2.7 Прочность клеевых соединений при скалывании вдоль волокон древесины по ГОСТ 15613.1 через 3 сут после склеивания для сосны и ели должна быть не менее 6,5 МПа.

9.2.8 В клееных элементах допускается сочетать древесину двух сортов, используя в крайних зонах на 0,15 высоты поперечного сечения более высокий 1 или 2 сорт, по которому назначаются расчетные характеристики древесины при изгибе и сжатии вдоль волокон. В ответственных конструкциях (большепролетные балки, фермы и арки) наружные слои следует выполнять из древесины 1 сорта.

9.3 Соединения на врубках

9.3.1 Узловые соединения из брусьев и круглых лесоматериалов на лобовых врубках следует выполнять с одним зубом (рисунок 9.3).

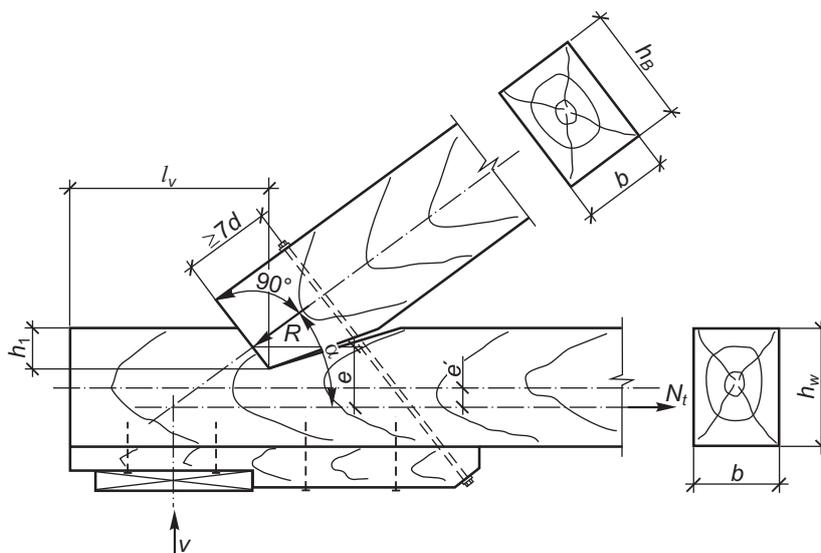


Рисунок 9.3 — Соединение на лобовой врубке с одним зубом

9.3.2 Рабочая плоскость смятия во врубках должна располагаться перпендикулярно равнодействующей осевой силе сжатого сжато-изогнутого элемента, а если сжатый элемент не испытывает поперечного изгиба, то перпендикулярно его оси.

9.3.3 Элементы, соединяемые на лобовых врубках, должны быть стянуты болтами.

9.3.4 Расчетная несущая способность соединения на лобовой врубке должна приниматься равной минимальному значению, определенному из двух условий: прочности древесины на смятие рабочей плоскости под углом α и прочности древесины на скалывание вдоль волокон.

9.3.5 Расчетную несущую способность соединения из условия смятия рабочей плоскости под углом α следует определять по формуле

$$R_{c,d} = f_{c,\alpha,d} \cdot A_c, \quad (9.4)$$

где A_c — рабочая плоскость смятия, определяемая по формуле

$$A_c = bh_1/\cos\alpha, \quad (9.5)$$

здесь b — ширина сминаемого участка;

h_1 — глубина врубки;

$f_{c,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон, определяемое по формуле (6.2).

9.3.6 Расчетную несущую способность соединения из условия скалывания следует определять по формуле

$$R_{v,d} = f_{v,mod,d} \cdot A_v, \quad (9.6)$$

где $f_{v,mod,d}$ — расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон, определяемое по формуле

$$f_{v,mod,d} = \frac{f_{v,0,d}}{1 + k_{v1} \cdot (l_v / e)}, \tag{9.7}$$

здесь $f_{v,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон;
 k_{v1} — коэффициент, равный 0,25. При обеспечении обжатия площадки скалывания $k_{v1} = 0,125$;
 e — плечо сил скалывания, принимаемое равным $0,5h_w$ — при расчете элементов с несимметричной врезкой в соединениях без зазора между элементами и $0,25h_w$ — при расчете симметрично нагруженных элементов с симметричной врезкой;
 h_w — полная высота поперечного сечения скалываемого элемента;
 l_v — расчетная длина плоскости скалывания, принимаемая не более 10 глубин врезки в элемент;
 A_v — расчетная площадь скалывания, определяемая по формуле

$$A_v = b l_v. \tag{9.8}$$

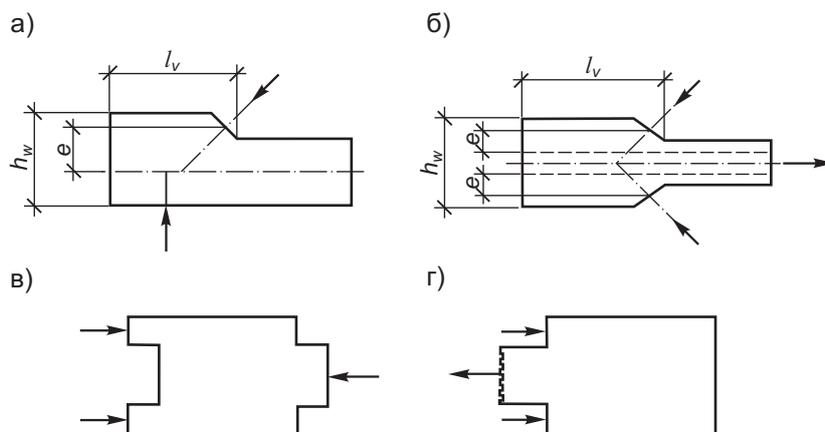


Рисунок 9.4 — Врезки в элементах соединений:
 а — несимметричная;
 б — симметричная;
 в, г — схемы скалывания в соединениях

9.3.7 Отношение длины площадки скалывания к плечу сил скалывания l_v/e должно быть не менее 3.

9.4 Соединения на цилиндрических нагелях

9.4.1 Соединения древесины с древесиной

9.4.1.1 Расчетную несущую способность соединения на цилиндрических нагелях из одного материала и одинакового диаметра следует определять по формуле

$$R_d = R_{1d,min} \cdot n_n \cdot n_s, \tag{9.9}$$

где $R_{1d,min}$ — минимальное значение несущей способности одного среза нагеля в соединении;
 n_n — количество нагелей в соединении;
 n_s — количество швов в соединении для одного нагеля,

а для соединений с нагелями разных диаметров несущая способность определяется как сумма несущих способностей всех нагелей, за исключением растянутых стыков, для которых вводится понижающий коэффициент 0,9.

9.4.1.2 Расчетную несущую способность одного среза в симметричных и несимметричных соединениях следует принимать как наименьшее из найденных значений по приведенным ниже формулам:

$$R_{1d} = \min \left\{ \begin{aligned} & f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \cdot k_\alpha, & (9.10) \\ & f_{h,2,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot k_\alpha, & (9.11) \\ & f_{n,d} \cdot d^2 \cdot (1 + \beta_n^2) \cdot \sqrt{k_\alpha}, & (9.12) \end{aligned} \right.$$

- где $f_{h,1,d}$ и $f_{h,2,d}$ — расчетное сопротивление древесины смятию в глухом нагельном гнезде соответственно для симметричных и несимметричных соединений;
- $f_{n,d}$ — расчетное сопротивление нагеля изгибу;
- t_1 — толщина крайних элементов в симметричных соединениях или более тонких элементов в односрезных соединениях;
- t_2 — толщина средних элементов в симметричных соединениях, или более толстых, или равных по толщине элементов в односрезных соединениях;
- d — диаметр нагеля;
- β_n — коэффициент, зависящий от отношения толщины более тонкого элемента к диаметру нагеля;
- k_α — коэффициент, учитывающий угол α между силой и направлением волокон.

Угол α следует принимать равным большему из углов смятия нагелем элементов, прилегающих к рассматриваемому шву.

9.4.1.3 Расчетное значение сопротивления древесины смятию $f_{h,1,d}$ для наружных элементов симметричных соединений и более тонких элементов несимметричных соединений (см. рисунок 9.4) следует принимать по таблице 9.2.

9.4.1.4 Расчетное значение сопротивления древесины смятию $f_{h,2,d}$ для средних элементов симметричных соединений и более толстых элементов несимметричных соединений следует принимать по таблице 9.3.

9.4.1.5 В несимметричных соединениях несущую способность необходимо определять с учетом следующего:

— расчетное значение сопротивления среднего элемента смятию $f_{h,2,d}$ при $t_1 \leq 0,5t_2$ следует принимать равным 2,5 МПа. При $t_1 > 0,5t_2$ — по интерполяции между 2,5 и 3,5 МПа;

— при $t_1 > t_2$ расчетное значение сопротивления крайнего элемента смятию $f_{h,1,d}$ следует принимать равным 3,5 МПа. При $t_2 \leq t_1$ — по таблице 9.2 как для более тонких элементов несимметричных соединений.

Таблица 9.2 — Расчетные значения сопротивления древесины смятию $f_{h,1,d}$ в нагельных соединениях

| Вид соединения | Расчетное сопротивление древесины смятию в нагельных соединениях $f_{h,1,d}$, МПа | |
|---|--|------------------------------------|
| | для гвоздей, стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей | для дубовых цилиндрических нагелей |
| Симметричные соединения | 8,0 | 2,0 |
| Несимметричные соединения: | | |
| а) при $t_1 \leq 0,35t_2$ | 8,0 | 5,0 |
| б) при $t_1 > 0,35t_2$ в зависимости от отношения t_1/t_2 : | | |
| 0,35 | 8,0 | 5,0 |
| 0,50 | 5,8 | 5,0 |
| 0,60 | 4,8 | 4,4 |
| 0,70 | 4,3 | 3,8 |
| 0,80 | 3,9 | 3,2 |
| 0,90 | 3,7 | 2,6 |
| 1,00 | 3,5 | 2,0 |

Таблица 9.3 — Расчетные значения сопротивления древесины смятию $f_{h,2,d}$ в нагельных соединениях

| Вид соединения | Расчетное сопротивление древесины смятию в нагельных соединениях $f_{h,2,d}$, МПа | |
|--|--|------------------------------------|
| | для гвоздей, стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей | для дубовых цилиндрических нагелей |
| Симметричные соединения | 5,0 | 3,0 |
| Несимметричные соединения: при $t_1 \leq 0,5t_2$ при $t_1 = t_2$ | 2,5 | 1,4 |
| | 3,5 | 2,0 |

Примечание — В таблицах 9.2 и 9.3 расчетные значения сопротивления древесины сосны и ели смятию приведены для нормальных условий эксплуатации. Для древесины других пород и условий эксплуатации следует учитывать соответствующие коэффициенты k_x , k_{mod} и k_t (см. раздел 6).

9.4.1.6 Расчетное сопротивление изгибу нагеля $f_{n,d}$ следует принимать по таблице 9.4.

9.4.1.7 Коэффициент β_n определяют по формуле

$$\beta_n = k_n \cdot \frac{t_1}{d}, \tag{9.13}$$

где k_n — коэффициент, зависящий от типа нагеля, приведен в таблице 9.4.

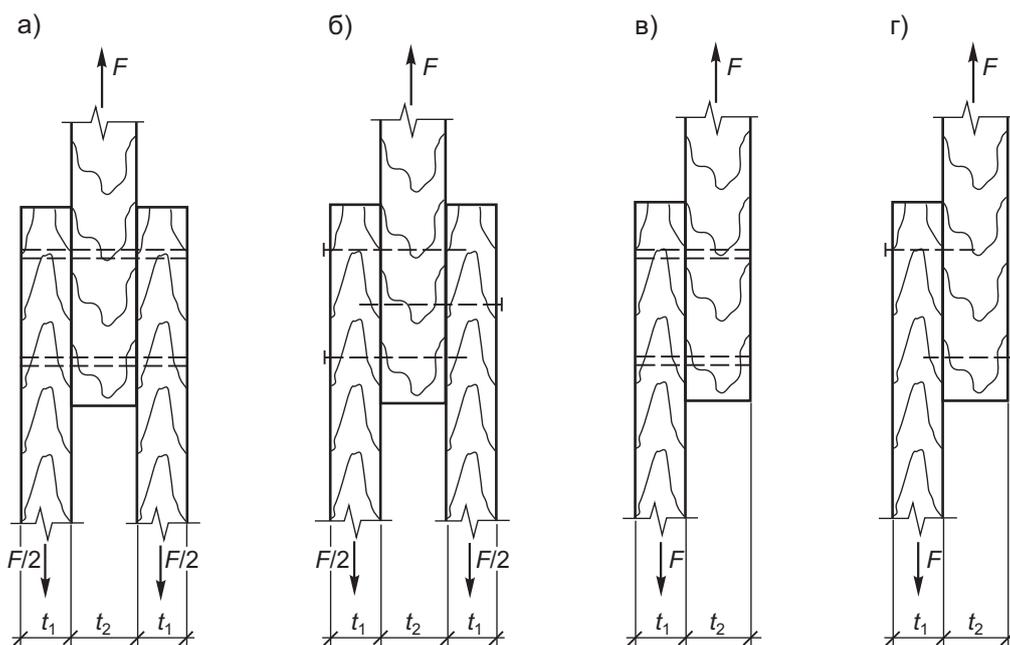


Рисунок 9.5 — Соединения древесины с древесиной:
а, б — симметричные соединения;
в, г — несимметричные соединения

Таблица 9.4 — Расчетное сопротивление нагелей изгибу

| Вид нагелей | Расчетное сопротивление нагелей изгибу $f_{n,d}$, МПа | Значения коэффициентов | |
|---|--|------------------------|-----------------|
| | | k_n | $\beta_{n,max}$ |
| Гвозди из стальной проволоки | 25,0 | 0,063 | 0,077 |
| Стальные нагели (болты и штыри) диаметром 8–24 мм | 18,0 | 0,105 | 0,624 |

Окончание таблицы 9.4

| Вид нагелей | Расчетное сопротивление нагелей изгибу $f_{h,d}$, МПа | Значения коэффициентов | |
|--|--|------------------------|-----------------|
| | | k_n | $\beta_{n,max}$ |
| Алюминиевые нагели диаметром 8–24 мм | 16,0 | 0,112 | 0,612 |
| Нагели из стеклопластика АГ-4С диаметром 8–24 мм | 14,5 | 0,117 | 0,491 |
| Дубовые нагели | 4,5 | 0,211 | 0,667 |

9.4.1.8 При определении коэффициента β_n для нагеля, работающего в несимметричных соединениях, толщину t_1 следует принимать не более $0,6t_2$.

9.4.1.9 Значение коэффициента β_n , определенного по формуле (9.13), не должно превышать значения $\beta_{n,max}$, приведенного в таблице 9.4.

9.4.1.10 При соединении элементов из древесины других пород, отличающихся от сосны и ели, или для условий эксплуатации, отличающихся от нормальных, расчетное значение сопротивления изгибу нагеля следует умножать на квадратный корень соответствующих коэффициентов k_x , k_{mod} и k_t , приведенных в разделе 6.

9.4.1.11 Коэффициент k_α , учитывающий угол между усилием и направлением волокон древесины, следует принимать по таблице 9.5.

9.4.1.12 При определении несущей способности нагельного соединения из условия смятия более толстых элементов несимметричных соединений по формуле (9.11), коэффициент k_α следует умножать на дополнительный коэффициент 0,9 при $t_2 < 1,5t_1$ и на 0,75 — при $t_2 \geq 1,5t_1$.

Таблица 9.5 — Значения коэффициента k_α

| Угол, град. | Значения коэффициента k_α | | | | | |
|-------------|---|------|------|------|------|---------------------|
| | для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей диаметром, мм | | | | | для дубовых нагелей |
| | до 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | |
| 30 | 1,0 | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 1,0 |
| 60 | 1,0 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,8 |
| 90 | 1,0 | 0,70 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,7 |

Примечание — Промежуточные значения определяются интерполяцией. Для гвоздевых соединений при действии усилия под любым углом к волокнам древесины $k_\alpha = 1$.

9.4.1.13 Для нагельных соединений древесины с фанерой следует применять требования как для соединения древесины с древесиной. Расчетные значения сопротивления фанеры смятию следует определять в соответствии с требованиями настоящего раздела путем умножения на коэффициент 1,3.

9.4.1.14 Расчетные значения сопротивления древесины смятию $f_{h,d}$ и изгибу нагеля $f_{h,d}$ следует определять из испытаний, если они не установлены в настоящем разделе.

9.4.2 Соединения древесины со стальными пластинами

9.4.2.1 Расчетную несущую способность одного нагеля на один срез для соединений с одной или двумя внешними пластинами или пластиной посередине (рисунок 9.6) следует принимать равной наименьшему значению из условий смятия древесины в нагельном гнезде по формуле (9.10) или (9.11) и изгиба нагеля по формуле

$$R_{1,d} = f_{n,d} \cdot d^2 (1 + \beta_{n,max}^2) \cdot \sqrt{k_\alpha}, \quad (9.14)$$

где $\beta_{n,max}$ — максимальное значение коэффициента, принимаемое в зависимости от типа нагеля по таблице 9.4.

9.4.2.2 Прочность стальной пластины следует проверить в соответствии с требованиями СНиП II-23.

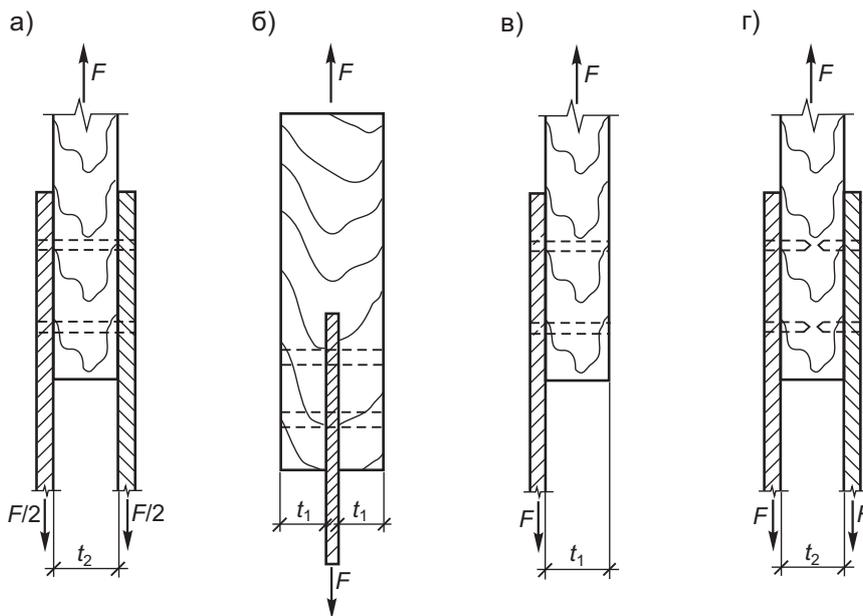


Рисунок 9.6 — Соединения древесины со стальными пластинами:
а, б — симметричные соединения;
в, г — несимметричные соединения

9.4.3 Расстановка нагелей

9.4.3.1 Если количество нагелей в ряду по направлению действия нагрузки более шести, то несущую способность дополнительных нагелей следует уменьшить на 1/3, т. е. для n_n нагелей их расчетное количество равно

$$n_{e,f} = 6 + \frac{2 \cdot (n_n - 6)}{3} \tag{9.15}$$

9.4.3.2 Минимальные расстояния между нагелями следует принимать по таблице 9.6 в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке 9.7, а), б).

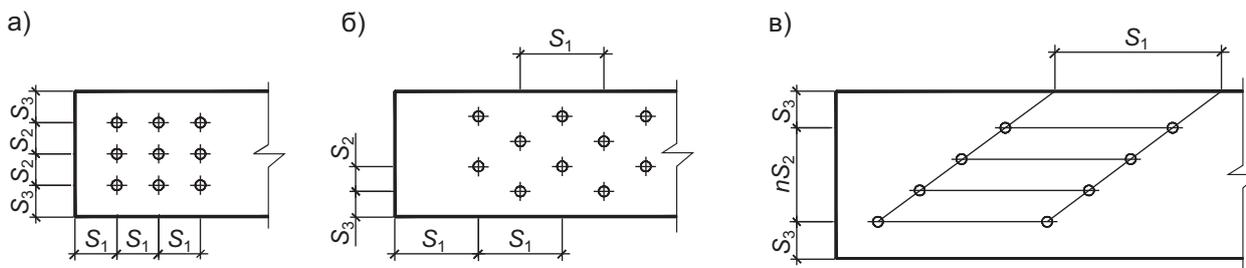


Рисунок 9.7 — Схемы расстановки нагелей:
а — прямая;
б — в шахматном порядке;
в — косыми рядами (только для гвоздей)

9.4.3.3 Применение шурупов и глухарей в качестве нагелей в соединениях, работающих на сдвиг, допускается в односрезных соединениях с накладками из бакелизированной фанеры и со стальными накладками. Расстояния между осями шурупов и глухарей следует принимать как для стальных нагелей в соответствии с таблицей 9.6.

Таблица 9.6 — Минимальные расстояния между нагелями

| Направление | Расстояние между нагелями | | |
|--|---------------------------|--------------------------------------|----------|
| | стальными | алюминиевыми и стеклопластиковыми | дубовыми |
| При общей толщине пакета менее $10d$: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1 поперек волокон между осями нагелей S_2 поперек волокон до кромки элемента S_3 | $6d$ | $6d$ | $4d$ |
| | $3d$ | $3d$ | $2,5d$ |
| | $2,5d$ | $2,5d$ | $2,5d$ |
| При общей толщине пакета, равной или более $10d$: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1 поперек волокон между осями нагелей S_2 поперек волокон до кромки элемента S_3 | $7d$ | $6d$ | $5d$ |
| | $3,5d$ | $3,5d$ | $3d$ |
| | $3d$ | $3d$ | $2,5d$ |

9.4.3.4 Несущую способность шурупов и глухарей при заглублении их ненарезной части в древесину не менее чем на $2d$ следует определять как для стальных цилиндрических нагелей.

9.4.3.5 Защемление шурупов и глухарей должно быть не менее $4d$. Для шурупов и глухарей диаметром более 6 мм следует предварительно сверлить отверстия диаметром $2/3d$.

9.4.3.6 Под гвозди диаметром 6 мм и более следует предварительно сверлить отверстия диаметром $0,8d$.

9.4.3.7 При определении расчетной длины защемления конца гвоздя не следует учитывать заостренную часть гвоздя длиной $1,5d$; кроме того, из длины гвоздя следует вычитать по 2 мм на каждый шов между соединяемыми элементами.

9.4.3.8 При свободном выходе гвоздя из пакета расчетную длину последнего элемента следует уменьшать на $1,5d$.

9.4.3.9 Диаметр гвоздей следует принимать не более 0,25 толщины пробиваемых элементов. Для гвоздей квадратного сечения следует принимать d равным размеру стороны поперечного сечения гвоздя.

9.4.3.10 В соединении должно быть не менее двух гвоздей. Минимальные расстояния между гвоздями следует принимать по таблице 9.7 в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке 9.7.

Таблица 9.7 — Минимальные расстояния между гвоздями

| Направление | Расстояние |
|---|------------|
| Между осями гвоздей вдоль волокон S_1 для пробиваемых насквозь элементов: при толщине пробиваемого элемента не менее $10d$ при толщине пробиваемого элемента $4d$ для промежуточных значений — по интерполяции для непробиваемых насквозь элементов | $15d$ |
| | $25d$ |
| | $15d$ |
| | $15d$ |
| До торца элемента вдоль волокон | $15d$ |
| Между осями гвоздей поперек волокон S_2 : при прямой расстановке при расстановке в шахматном порядке или косыми рядами под углом 45° | $4d$ |
| | $3d$ |
| До кромки элемента поперек волокон S_3 | $4d$ |

9.4.3.11 Для элементов из осины, ольхи и тополя минимальные расстояния между гвоздями вдоль волокон следует увеличивать на 50 %.

9.4.3.12 Если $t_2 - l_{d1} > 4d$ (см. рисунок 9.5, г)), гвозди без предварительного сверления отверстий с двух сторон могут перехлестываться в среднем элементе.

9.5 Соединения на гвоздях и шурупах, работающих на выдергивание

9.5.1 Соединения на гвоздях, нагруженных по оси, допускается использовать во второстепенных элементах (настилы, подшивка потолков и др.) и в конструкциях с совместным действием на гвоздь осевого и поперечного усилий.

Гвозди, забитые в торец, в заранее просверленные отверстия, а также при динамических воздействиях считаются неспособными передавать нагрузку.

9.5.2 Расчетную несущую способность одного гладкого гвоздя на выдергивание, забитого в древесину поперек волокон, следует определять по формуле

$$R_d = f_{v1,d} \cdot \pi d l_{d1}, \quad (9.16)$$

где $f_{v1,d}$ — расчетное сопротивление выдергиванию на единицу поверхности соприкосновения гвоздя с древесиной, принимаемое равным 0,3 МПа для воздушно-сухой древесины и 0,1 МПа — для сырой древесины;

d — диаметр гвоздя;

l_{d1} — расчетная длина заземленной, сопротивляющейся выдергиванию, части гвоздя.

Длина заземленной части гвоздя l_{d1} должна быть не менее двух толщин пробиваемого элемента и не менее $10d$.

9.5.3 При диаметре гвоздей более 5 мм в расчете следует принимать диаметр 5 мм.

9.5.4 Расстановку гвоздей, работающих на выдергивание, следует принимать по правилам расстановки гвоздей, работающих на сдвиг. При наклонной забивке расстояние до нагруженной кромки должно быть не менее $10d$ (рисунок 9.8).

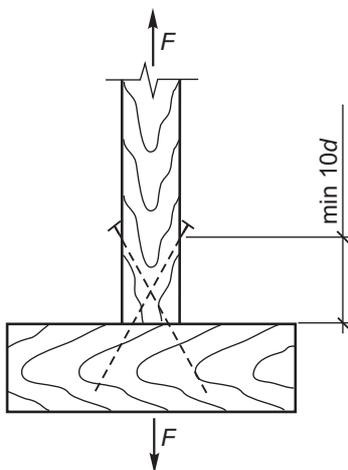


Рисунок 9.8 — Наклонная забивка гвоздей

9.5.5 Расчетную несущую способность на выдергивание одного шурупа или гвоздя с нарезкой (витых гвоздей), установленных поперек волокон древесины, следует определять по формуле

$$R_d = f_{v2,d} \cdot \pi d l_{d1}, \quad (9.17)$$

где $f_{v2,d}$ — расчетное сопротивление выдергиванию шурупа или глухаря на единицу поверхности соприкосновения нарезанной части шурупа с древесиной, которое следует принимать для воздушно-сухой древесины равным 1 МПа;

d — наружный диаметр нарезанной части шурупа;

l_{d1} — расчетная длина заземленной части шурупа, равная длине нарезанной части.

9.5.6 Расстояние между осями шурупов должно быть не менее:

- вдоль волокон между осями шурупов и до торца элемента — $10d$;
- поперек волокон между осями шурупов и до торца элемента — $5d$.

9.5.7 Расчетную несущую способность гвоздей и шурупов на выдергивание, определяемую по формулам (9.16) и (9.17) для соединения элементов из древесины пород, отличающихся от сосны и ели, или для условий эксплуатации, отличающихся от нормальных, следует умножать на соответствующие коэффициенты, приведенные в разделе 6.

9.5.8 В соединениях с сочетанием осевого F_{ax} и поперечного F_{ia} усилий (см. рисунок 9.8) должны быть выполнены следующие условия:

— для гладких гвоздей

$$\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} + \frac{F_{ia,d}}{R_{ia,d}} \leq 1; \quad (9.18)$$

— для гвоздей со спиральной нарезкой и шурупов

$$\left[\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right]^2 + \left[\frac{F_{ia,d}}{R_{ia,d}} \right]^2 \leq 1, \quad (9.19)$$

где R_{ax} и R_{ia} — несущая способность соединения, соответствующая только осевому или поперечному усилию.

9.6 Соединения на клеенных стальных стержнях

9.6.1 Общие требования

9.6.1.1 Клеенные металлические стержни могут использоваться:

— для упрочнения криволинейных участков клеодошчатых балок с нормальными напряжениями, растягивающими древесину поперек волокон, при соответствующем обосновании;

— для стыковых соединений и сплачивания элементов;

— для повышения сопротивления древесины смятию поперек волокон в опорных частях и местах приложения сосредоточенных нагрузок клееных деревянных элементов;

— для локализации главных растягивающих напряжений в приопорных зонах клееных деревянных конструкций и в окрестностях больших сосредоточенных поперечных сил при соответствующем обосновании и соотношении $h/b > 4$;

— в виде наклонных соединительных связей составных балок, растянутых стыков и анкерных креплений к фундаментам.

9.6.1.2 В качестве клеенных в древесину стержней следует использовать стальную арматуру периодического профиля класса S400 диаметром от 12 до 25 мм.

9.6.1.3 Не допускается использовать стержни, клеенные в пазы на боковой поверхности элемента конструкции.

9.6.1.4 Диаметр отверстий в древесине для установки стержней следует принимать на 4–6 мм больше номинального диаметра клеиваемого стержня.

9.6.1.5 Отверстия для клеенных стержней должны быть глухими. При этом слои клееного пакета не должны иметь компенсационных прорезей.

9.6.1.6 При выборе типа и марки клеев следует руководствоваться требованиями раздела 6.

9.6.1.7 Несущую способность соединений на клеенных стержнях следует определять с учетом соответствующих коэффициентов условий работы, приведенных в разделе 6.

9.6.1.8 При расчете соединений с передачей усилий на клеенные вдавливаемые в древесину стержни, несущую способность древесины на смятие под опорными пластинами не учитывают.

9.6.1.9 Кроме проверки несущей способности соединений, приведенной в настоящем разделе, следует выполнять проверку прочности стержней и стальных накладок по СНиП II-23 и СНБ 5.03.01.

9.6.2 Стержни, работающие на вдавливание или выдергивание вдоль волокон древесины

9.6.2.1 Расчетную несущую способность клеенного вдоль волокон стержня на вдавливание или выдергивание следует определять по формуле

$$R_d = f_{sv,d} \cdot \pi d_o \cdot l_d \cdot k_{пз}, \quad (9.20)$$

где $f_{sv,d}$ — расчетное сопротивление древесины сдвигу вдоль волокон в соединении с круглыми арматурными стержнями периодического профиля, принимаемое для древесины сосны и ели равным 2,1 МПа;

d_o — диаметр отверстия под клеенный стержень;

l_d — расчетная длина заделываемой части стержня;
 k_{n3} — коэффициент, учитывающий неравномерность напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части стержня.

9.6.2.2 Коэффициент k_{n3} определяют по формуле

$$k_{n3} = 1,2 - 0,02 \cdot \frac{l_d}{d}, \quad (9.21)$$

где d — номинальный диаметр стержня.

9.6.2.3 Длина заделываемой части l_d стержня должна быть не менее $10d$ и не более $30d$.

9.6.2.4 Расстояние между осями вклеенных стержней следует принимать не менее $S_2 = 3d$, а до наружных граней — $S_3 = 2d$. Обозначения приведены на рисунке 9.9.

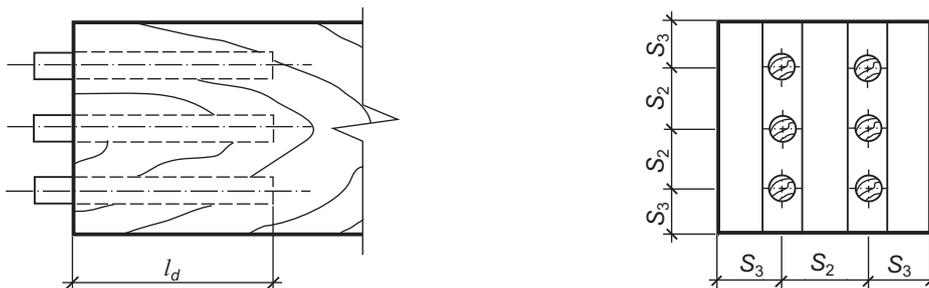


Рисунок 9.9 — Схема расстановки вклеенных вдоль волокон древесины стержней

9.6.2.5 Не допускается использовать соединения на вклеенных вдоль волокон стержнях, если кроме осевой силы N действует сдвигающее усилие V , вызывающее касательные напряжения свыше $0,3$ МПа.

9.6.3 Стержни, работающие на вдавливание или выдергивание поперек волокон древесины

9.6.3.1 Расчетную несущую способность соединения на вклеенных поперек волокон стержнях (рисунок 9.10), работающих на вдавливание или выдергивание, следует определять по формуле

$$R_d = f_{sv,90,d} \cdot k_\sigma \cdot k_{nF} \cdot \pi d_o \cdot l_d \cdot n k_{n4} \cdot k_{n5} \cdot k_{n6}, \quad (9.22)$$

где $f_{sv,90,d}$ — расчетное сопротивление древесины срезу поперек волокон в соединении с круглыми арматурными стержнями периодического профиля, принимаемое для древесины сосны и ели равным $4,5$ МПа;

k_σ — коэффициент, учитывающий снижение несущей способности соединения в зависимости от вида напряженного состояния в зоне установки стержней (сжатой или растянутой);

k_{nF} — коэффициент, учитывающий направление приложения усилия к стержню (сжатие или растяжение);

d_o — диаметр отверстия под вклеенный стержень, м;

l_d — расчетная длина заделываемой части стержня, м;

n — количество стержней;

k_{n4} — коэффициент, учитывающий неравномерность напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части стержня;

k_{n5} — коэффициент, учитывающий изменение расчетного сопротивления древесины срезу поперек волокон в зависимости от диаметра стержней;

k_{n6} — коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения стержней.

9.6.3.2 Для выдергиваемых из древесины стержней при работе их в зоне растягивающих напряжений, действующих вдоль волокон древесины элемента конструкции, значения коэффициента k_σ следует определять по формуле

$$k_\sigma = 1 - 0,01 \sigma_{t \max,0,d}, \quad (9.23)$$

где $\sigma_{t \max,0,d}$ — максимальные растягивающие напряжения, МПа.

При работе в сжатой зоне, а также для стержней, работающих на вдавливание, $k_\sigma = 1$.

9.6.3.3 При вдавливании стержней значение коэффициента k_{nF} следует принимать равным 1, а при выдергивании — 0,9.

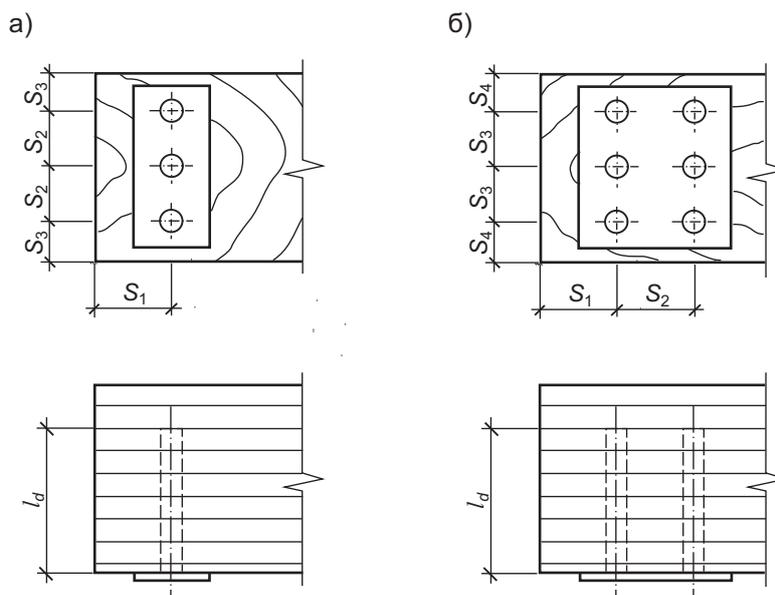


Рисунок 9.10 — Схема расстановки вклеенных поперек волокон древесины стержней:
 а — однорядная расстановка;
 б — двухрядная расстановка

9.6.3.4 Значения коэффициентов k_{n4} и k_{n5} следует определять по формулам:

$$k_{n4} = 1 - 0,01l_d/d, \tag{9.24}$$

$$k_{n5} = 1,12 - 10d, \tag{9.25}$$

где d — номинальный диаметр стержня, м;
 l_d — расчетная длина стержня, м.

9.6.3.5 Значения коэффициента k_{n6} принимают по таблице 9.8.

Таблица 9.8 — Значения коэффициента k_{n6}

| Условия передачи нагрузки | Количество поперечных рядов стержней | | | | |
|--|--------------------------------------|-----|------|------|------|
| | 1 | | | 2 | |
| | Количество стержней в ряду | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Вдавливание с центрирующей прокладкой | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| Вдавливание без центрирующей прокладки | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,75 | 0,70 |
| Выдергивание | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,60 | 0,55 |

9.6.3.6 Длина заделываемой части стержня должна быть не менее 100 мм.

9.6.3.7 Минимальные расстояния между осями стержней принимают по таблице 9.9. Обозначения приведены на рисунках 9.9, 9.10.

Таблица 9.9 — Минимальные расстояния между осями стержней

| Направление | Расстояние |
|--|------------|
| Вдоль волокон между осями стержней и до торца элемента S_1 | $3,5d$ |
| Поперек волокон между осями стержней S_2 | $2d$ |
| Поперек волокон до кромки элемента S_3 | $1,5d$ |

9.6.4 Наклонно вклеенные стержни и их соединения

9.6.4.1 Наклонно вклеенные стержни следует применять для восприятия главных растягивающих напряжений σ_1 в элементах деревянных конструкций (приопорные участки большепролетных клееных деревянных конструкций с соотношением $h/b \geq 4$, криволинейные участки изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов).

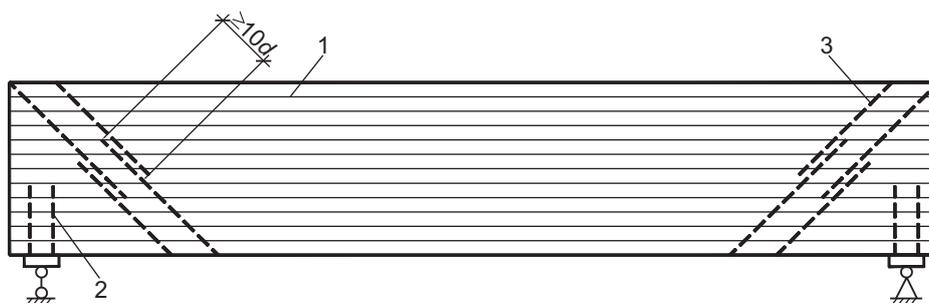
9.6.4.2 Стержни должны вклеиваться под углом от 30° до 45° к волокнам древесины. Процент армирования принимается от 0,1 % до 1 % сечения деревянного элемента конструкции.

9.6.4.3 Для изгибаемых элементов шаг расстановки наклонно вклеенных стержней вдоль волокон древесины S_1 следует определять по формуле (9.26), и он должен быть не менее $12d$ и не более h .

$$S_1 = h \cdot [1,6 - 3,5(1 - f_{sv,\alpha,d} / \tau_{v,0,d})] \cdot \frac{1 + 400\mu}{400\mu}, \quad (9.26)$$

- где h — высота поперечного сечения элемента на участке армирования, м;
 $\tau_{v,0,d}$ — расчетное значение касательных напряжений, определяемых по формуле (7.15), МПа;
 $\mu = A_a / (bh)$ — процент армирования;
 $f_{sv,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление древесины срезу под углом α от 30° до 45° к волокнам в соединении с круглыми арматурными стержнями периодического профиля, принимаемое для древесины сосны и ели равным 3,5 МПа.

9.6.4.4 При высоте поперечного сечения элемента более 1 м, допускается армирование встречными стержнями, ввинченными или вклеенными в древесину с перехлестом не менее $10d$ и смещением на $(3-5)d$ (рисунок 9.11).

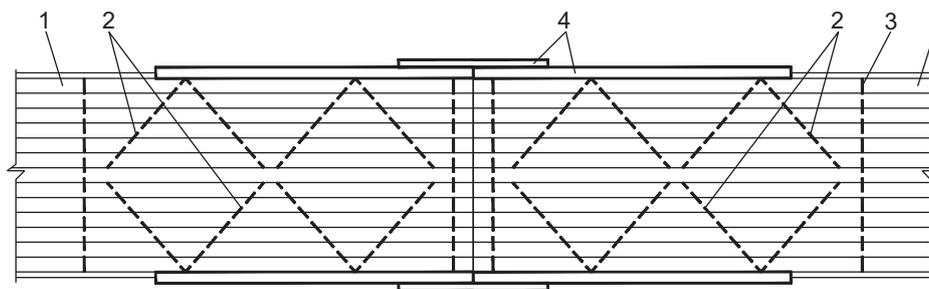


1 — дощатоклееная балка; 2 — поперечно вклеенные стержни;
 3 — наклонно ввинченные или вклеенные стержни

Рисунок 9.11 — Схема армирования балки

9.6.4.5 Жесткие и шарнирные узловые сопряжения клееных деревянных конструкций целесообразно выполнять с помощью закладных деталей, состоящих из V-образных анкеров, вклеенных в древесину, и анкерных стальных пластин, сваренных между собой. Стержни анкера необходимо располагать таким образом, чтобы один из двух стержней был вклеен под углом 45° к волокнам древесины и испытывал растяжение, а второй располагался под углом 90° к первому и работал на сжатие.

9.6.4.6 В сопряжениях с V-образными анкерами (рисунок 9.12) усилия в пластине определяются из статического расчета узла. Расчет вклеенных стержней анкера следует производить на усилия, полученные путем их разложения в пластине по направлению стержней из условия (9.22), в котором вместо $f_{sv,90,d}$ принимается $f_{sv,\alpha,d} = 3,5$ МПа. При этом конструктивную длину вклеивания стержней следует принимать не менее $0,6h$ для сжатых и не менее $20d$ — для растянутых стержней.



1 — элементы конструкции;
 2 — наклонно вклеенные стержни (V-образные анкеры);
 3 — поперечно вклеенные стержни; 4 — стальные пластины

Рисунок 9.12 — Схема узла сопряжения деревянных элементов конструкций с V-образными анкерами

9.6.4.7 Нормальные напряжения в растянутых и сжатых стержнях не должны превышать расчетных сопротивлений арматуры соответственно растяжению и сжатию.

9.6.5 Вклеенные стальные нагели

9.6.5.1 Расчетную несущую способность на сдвиг вклеенного нагеля из стальной арматуры периодического профиля на один шов определяют по формуле (9.12) по правилам, приведенным в 9.4.1.2 – 9.4.1.12. За диаметр нагеля d принимается номинальный диаметр стержня, за t_1 в формуле (9.13) — длина заделки l_d .

9.6.5.2 Для нагелей из арматуры класса S400 необходимо принимать следующие значения расчетных характеристик:

- сопротивление изгибу нагеля $f_{n,d}$ — 25 МПа;
- коэффициент k_n — 0,0894;
- коэффициент $\beta_{n,max}$ — 0,6928.

9.6.5.3 Глубина заделки стержня должна быть не менее $6d$.

9.6.5.4 Минимальные расстояния между осями вклеенных нагелей следует принимать по таблице 9.10 в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке 9.13.

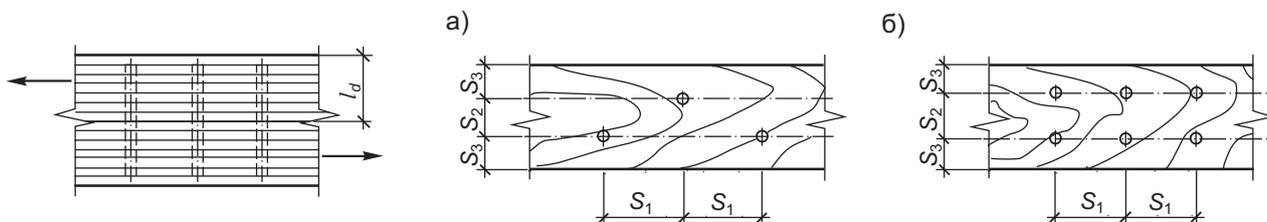


Рисунок 9.13 — Соединение на вклеенных стальных нагелях:
 а — шахматная расстановка;
 б — двухрядная расстановка

Таблица 9.10 — Минимальные расстояния между осями нагелей

| Направление | Расстояние |
|---|--------------------|
| Вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1 | $8d_0$ |
| Поперек волокон при двухрядном расположении: между осями нагелей S_2 до кромки элемента S_3 | $3d_0$ $3,5d_0$ |
| Поперек волокон при шахматном расположении: между осями нагелей S_2 и до кромки элемента S_3 | $3d_0$ |
| <i>Примечание</i> — d_0 — диаметр отверстия под вклеенный нагель. | |

10 Основные требования по конструированию и расчету деревянных конструкций

10.1 Общие требования

10.1.1 При проектировании деревянных конструкций следует:

- а) учитывать производственные возможности предприятий-изготовителей деревянных конструкций;
- б) учитывать возможности транспортных средств;
- в) использовать древесину с наименьшими отходами и потерями;
- г) предусматривать меры по обеспечению устойчивости и неизменяемости отдельных конструкций и всего здания или сооружения в целом в процессе монтажа и эксплуатации.

10.1.2 При конструировании деревянных конструкций должны соблюдаться требования разделов 5–10.

10.1.3 Приопорные зоны большепролетных клееных деревянных конструкций с соотношением $h/b \geq 4$, а также участки в местах действия сосредоточенных сил, кроме требований разделов 7–9, должны быть рассчитаны на прочность по главным площадкам с учетом всех компонент плоского напряженного состояния.

10.1.3.1 Расчет на прочность клееных деревянных конструкций с учетом всех компонент плоского напряженного состояния производят по формуле

$$\sigma_1 = 0,5 \cdot \left[\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \right] \leq f_{t,\alpha,d}, \quad (10.1)$$

где σ_1 — значение главного растягивающего напряжения;
 σ_x, σ_y и τ_{xy} — компоненты плоского напряженного состояния;
 $f_{t,\alpha,d}$ — расчетное значение сопротивления древесины при растяжении под углом α к направлению волокон.

Здесь $f_{t,\alpha,d}$ определяют по формуле

$$f_{t,\alpha,d} = f_{t,0,d} / (\cos^4 \alpha + B \sin^2 2\alpha + k \sin^4 \alpha), \quad (10.2)$$

где $B = f_{t,0,d}/f_{t,45,d} - (1 + k)/4$;
 $k = f_{t,0,d}/f_{t,90,d}$.

Компоненты плоского напряженного состояния σ_x и τ_{xy} определяют в соответствии с требованиями 7.4 и 7.6.

10.1.3.2 Угол наклона α направления главного растягивающего напряжения σ_1 к волокнам древесины определяют по формулам:

$$\text{при } \sigma_x - \sigma_y > 0, \quad \alpha = 0,5 \arctg[2\tau_{xy}/(\sigma_x - \sigma_y)], \quad (10.3)$$

$$\text{при } \sigma_x - \sigma_y = 0, \quad \alpha = 45^\circ, \quad (10.4)$$

$$\text{при } \sigma_x - \sigma_y < 0, \quad \alpha = 0,5 \cdot [180 - \arctg(2\tau_{xy}/(\sigma_x - \sigma_y))]. \quad (10.5)$$

10.1.3.3 Величины напряжений σ_y , сопоставимые с прочностными характеристиками клееной древесины и фанеры, определяют:

- а) в приопорных зонах и в окрестностях действия сосредоточенных поперечных сил на расстояниях, равных высоте поперечного сечения h от линии действия опорной реакции или сосредоточенной силы F :

$$\sigma_y = \sigma_{t,90} = 2F\eta_t / bh, \quad (10.6)$$

где η_t — ордината положительной части кривой распределения $\sigma_{t,90}$ от единичной сосредоточенной силы;
 h — высота поперечного сечения.

При $y = \pm 0,25h$, η_t определяют по формуле

$$\eta_t = (y/h)^3 + 0,1(y/h)^2 + 0,016, \quad (10.7)$$

где y — расстояние от нейтрального слоя до рассматриваемой фибры.

При рассмотрении участка между двумя сосредоточенными силами, отстоящими друг от друга на расстоянии $l \geq h$, усилия суммируются (например, опорная реакция и сосредоточенная поперечная сила F);

б) на скошенных кромках под углом α_{sk} к направлению волокон дополнительные напряжения на площадках, параллельных волокнам, определяют по формулам:

$$\Delta\tau_{xy} = \sigma_x \operatorname{tg}\alpha_{sk}, \quad \Delta\sigma_{t,90} = \Delta\sigma_x = \sigma_x \operatorname{tg}^2\alpha_{sk}, \quad (10.8)$$

где σ_x — напряжения, действующие вдоль волокон древесины;
 α_{sk} — угол между линией скоса и направлением волокон древесины;

в) в сжато-изогнутых и внецентренно сжатых элементах клееных деревянных конструкций дополнительные касательные напряжения определяют по формуле

$$\Delta\tau_{xy} = \frac{0,75N \cdot e}{bh^2}, \quad (10.9)$$

где N — продольное сжимающее усилие;
 e — эксцентриситет передачи усилия N ;
 b, h — соответственно ширина и высота поперечного сечения элемента.

При этом эксцентриситет e не должен превышать $0,15h$.

10.1.4 В необходимых случаях прочность клееных деревянных конструкций, кроме увеличения геометрических размеров поперечных сечений, может быть обеспечена локализацией главных растягивающих напряжений с помощью ввинченных, в предварительно просверленные под углом от 30° до 45° к волокнам древесины отверстия, стальных винтов или вклеенных стержней (стальных класса S400, стеклопластиковых различных марок первой группы, углепластиковых и др.).

10.1.5 Усилие растяжения стержней N_t в окрестностях действия сосредоточенных поперечных сил определяют по формуле

$$N_t = 2 \cdot (\sigma_1 - 0,8f_{t,45,d}) \cdot bh^2 / l_t, \quad (10.10)$$

где N_t — усилие растяжения, приходящееся на стержни;
 l_t — длина опасной зоны, которая колеблется в зависимости от вида нагрузок и очертания элемента конструкции и находится в пределах $(0,8-2,5)h$.

10.1.6 Для элементов постоянной высоты h и при равномерно распределенной нагрузке $l_t = 1,2h$.

10.1.7 Криволинейные (гнутые) участки (рисунок 10.1) клееных деревянных конструкций, изгибаемых моментом M , уменьшающим их кривизну, следует рассчитывать по формулам кривых брусев:

а) по тангенциальным нормальным напряжениям на внутренней и внешней кромках бруса:

$$\sigma_{\theta,int} = \frac{M_d \cdot (r_0 - r_1)}{Ay_0 r_1} \leq f_{m,d}, \quad (10.11)$$

$$\sigma_{\theta,ext} = \frac{M_d \cdot (r_2 - r_0)}{Ay_0 r_2} \leq f_{m,d}, \quad (10.12)$$

где $\sigma_{\theta,int}, \sigma_{\theta,ext}$ — соответственно тангенциальные нормальные напряжения на внутренней и внешней кромках бруса;

M_d — расчетный изгибающий момент;
 r_0 — радиус кривизны нейтрального слоя;
 r_1 и r_2 — соответственно радиусы кривизны нижней (ближней к центру кривизны) и верхней кромок бруса;
 A — площадь поперечного сечения кривого бруса;
 $y_0 = I(A \cdot r)$ — смещение нейтрального слоя от геометрической оси криволинейного участка;
 $f_{m,d}$ — расчетное сопротивление древесины изгибу;

б) по максимальным радиальным нормальным напряжениям

$$\sigma_{r,max} = \frac{M_d [r_0 / r_1 - \ln(r_0 / r_1) - 1]}{Ay_0} \leq f_{t,90,d}. \quad (10.13)$$

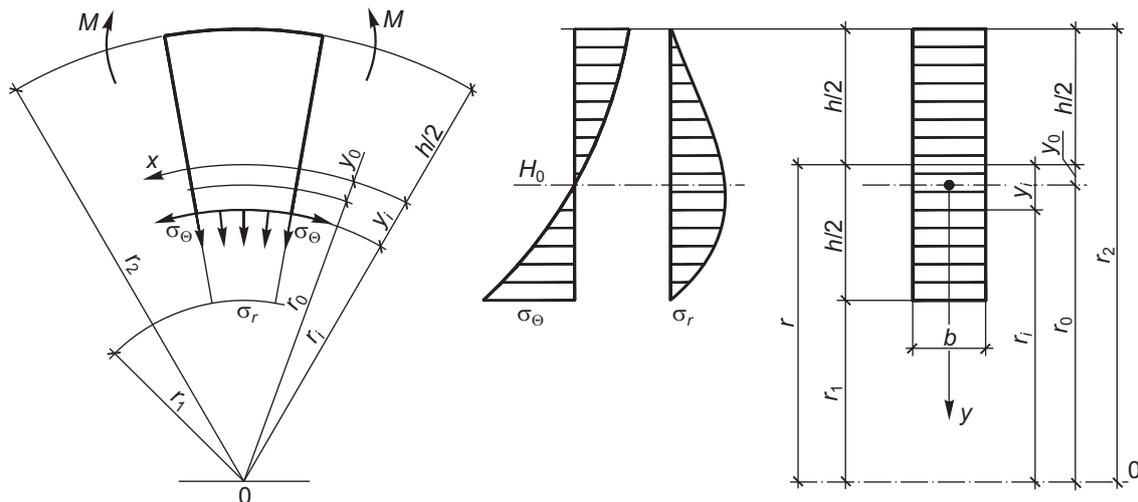


Рисунок 10.1 — Расчетная схема кривого бруса при чистом изгибе

10.1.8 Сжато-изгибаемые элементы с криволинейными участками рассчитывают по формулам кривых брусьев:

а) на сжатой кромке

$$\frac{N_d}{A_d} + \frac{M_d \cdot (r_0 - r_1)}{A_d y_0 r_1} \leq f_{m,d}; \tag{10.14}$$

б) на растянутой кромке

$$\frac{M_d \cdot (r_2 - r_0)}{A_d y_0 r_2} - \frac{N_d}{A_d} \leq f_{m,d}. \tag{10.15}$$

10.1.9 Допускается без увеличения геометрических размеров и радиуса кривизны на криволинейных участках, когда условие формулы (10.13) не выполняется, постановка ввинченных или вклеенных стержней, воспринимающих $\sigma_{r, \max}$. В этом случае усилие, приходящееся на стержни, определяют по формуле

$$N_t = 5 \cdot (\sigma_r - 0,8f_{t,90,d}) \cdot bh^2 / l_1, \tag{10.16}$$

где l_1 — длина хорды криволинейного участка по внутренней кромке бруса.

10.2 Настилы, обрешетки и прогоны

10.2.1 Расчет настилов, обрешеток и прогонов, работающих на изгиб, следует производить по двум предельным состояниям.

10.2.2 Настилы и обрешетки под кровлю следует рассчитывать как балки (по двухпролетной схеме) на следующие сочетания нагрузок:

а) постоянная и временная от снега — расчет на прочность и жесткость;

б) постоянная и временная от сосредоточенного груза 1 кН с умножением последней на коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,2, — расчет только на прочность.

10.2.3 При сплошном настиле или при разреженном настиле с расстоянием между осями досок или брусков не более 150 мм нагрузку от сосредоточенного груза следует передавать на две доски или на два бруска, а при расстоянии более 150 мм — на одну доску или брусок. При двойном настиле (рабочем и защитном, направленном под углом к рабочему) сосредоточенный груз следует распределять на ширину 500 мм рабочего настила.

10.2.4 Прогоны в покрытиях зданий и сооружений рекомендуется применять спаренными или консольно-балочной конструкции. Шарниры консольно-балочных прогонов следует располагать парно через пролет, выполняя их в виде косоугольного прируба.

В спаренных многопролетных прогонах из двух досок на ребро стыки досок следует располагать вразбежку на расстоянии 0,2l от опоры.

10.3 Плиты покрытий и панели стен

10.3.1 Каркас плит и панелей следует проектировать из цельной или клееной древесины, гнуто-клееных фанерных профилей клефанерных элементов двутаврового сечения.

В качестве обшивки следует использовать водостойкую фанеру, плоские асбестоцементные листы, древесноплитные материалы, листовые материалы на основе пластмасс и алюминиевых сплавов.

10.3.2 Плиты покрытий с обшивками из древесноплитных материалов, прикрепленных к несущему каркасу податливыми связями (шурупами, гвоздями, саморезами), следует рассчитывать на:

- а) прочность без учета работы обшивок;
- б) деформации с учетом обшивок путем увеличения на 10 % расчетной суммарной жесткости ребер каркаса. При этом обшивки должны быть цельными или надежно состыкованными по длине пролета;
- в) местный изгиб верхней обшивки от действия сосредоточенного груза 1 кН, умноженного на коэффициент надежности, равный 1,2, по формуле

$$\frac{6M_{r,d}}{b_{r,d}\delta_r^2} \leq f_{r,d}, \quad (10.17)$$

где $M_{r,d}$ — расчетный изгибающий момент в обшивке, принимаемый равным $0,25F_d a_r$ при двух продольных ребрах и $0,2 F_d a_r$ — при трех и более ребрах;

a_r — расстояние между осями продольных ребер, мм;

F_d — расчетное значение сосредоточенного груза 1 кН, умноженное на коэффициент надежности, равный 1,2;

$b_{r,d}$ — расчетная ширина сечения обшивки, мм, принимаемая равной a_r при двух и более ребрах, если $a_r \leq 500$ мм; и равной $0,85 a_r$ при трех и более ребрах, если $a_r > 500$ мм;

δ_r — толщина верхней обшивки, мм;

$f_{r,d}$ — расчетное сопротивление изгибу материала обшивки.

10.3.3 Продольные ребра плит покрытий следует использовать в качестве продольных элементов связей, обеспечивающих передачу горизонтальных усилий между поперечными связевыми фермами в плоскости кровли согласно 10.6.

10.4 Балки

10.4.1 Балки составного сечения

10.4.1.1 Брусчатые составные балки (из цельной и клееной древесины) заводского и построечного изготовления следует сплачивать не более чем из трех брусьев по высоте сечения с помощью пластинчатых нагелей, ввинченных стержней, вклеенных стержней периодического профиля и др. связей.

10.4.1.2 Составным балкам на податливых связях следует придавать строительный подъем путем выгиба элементов до постановки связей. Величину строительного подъема (без учета последующего распрямления балки) следует увеличивать в полтора раза по сравнению с прогибом составной балки под эксплуатационной нагрузкой.

10.4.1.3 Прогиб составных балок как со строительным подъемом, так и без него следует определять по правилам строительной механики, как для цельных балок такого же сечения, но с введением коэффициента k_i к моменту инерции поперечного сечения балки, учитывающего податливость того или иного вида соединения (таблица 7.3).

10.4.2 Балки из цельной и клееной древесины

10.4.2.1 Максимальную высоту сечения дощатоклееных прямолинейных балок постоянной высоты, двускатных и гнутоклееных пролетом от 6 до 24 м включительно следует назначать в пределах 1/8–1/12 пролета; ширину — минимальной из условий опирания плит покрытия, прогонов или других вышележащих конструкций и отношения $b/h = 1/4 - 1/8$. Уклон верхней грани прямолинейных двускатных балок необходимо принимать в пределах от 2,5 % до 10 %.

10.4.2.2 Балки следует рассчитывать на прочность и жесткость. Значения максимальных прогибов не должны превышать указанных в СНиП 2.01.07. Клееным балкам с шарнирным опиранием следует придавать строительный подъем, равный 1/200 пролета.

10.4.2.3 Двускатные гнутоклееные балки с постоянной и переменной высотой поперечного сечения и криволинейным участком в середине пролета рекомендуются к применению при уклонах от 10 % до 20 %. Одна из опор в таких балках, независимо от пролета, должна быть подвижной во избежание возникновения распора.

10.4.2.4 При расчете гнутоклееных балок на прочность, кроме проверки краевых тангенциальных нормальных напряжений, необходима проверка максимальных радиальных растягивающих напряжений $\sigma_{r,max}$, действующих поперек волокон древесины, в соответствии с требованиями 10.1.7.

10.4.2.5 В односкатных и двускатных балках переменного сечения следует учитывать влияние ската на напряжения изгиба параллельно поверхности.

10.4.2.6 В случае, когда волокна древесины параллельны одной из поверхностей балки и угол ската $\alpha \leq 10^\circ$ (рисунок 10.2), напряжения изгиба в крайних волокнах, параллельных поверхности, следует определять по формуле

$$\sigma_{m,d} = (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \cdot \frac{6M_d}{b \cdot h^2} \leq f_{m,d}, \quad (10.18)$$

а на скатной поверхности — по формуле

$$\sigma_{c,\alpha,d} = (1 - 4\operatorname{tg}^2 \alpha) \cdot \frac{6M_d}{bh^2} \leq f_{c,\alpha,d}, \quad (10.19)$$

где $f_{c,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление древесины сжатию под углом α к направлению волокон, определяемое по формуле (6.2).

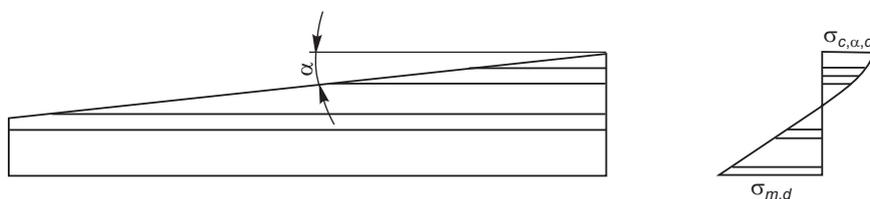


Рисунок 10.2 — Односкатная балка

10.4.2.7 При проектировании клефанерных балок необходимо располагать волокна наружных слоев шпонов фанеры вдоль балки.

Пояса клееных балок с плоской фанерной стенкой следует выполнять из вертикально расположенных слоев (досок). В поясах балок коробчатого сечения допускается применять горизонтальное расположение слоев. Если высота поясов превышает 100 мм, в них следует предусматривать горизонтальные пропилы со стороны стенок.

Для стенок балок должна применяться водостойкая фанера толщиной не менее 8 мм.

10.4.2.8 Расчетные напряжения изгиба должны удовлетворять условиям, приведенным в 7.4, 7.8 и 10.1.3 – 10.1.8.

10.4.2.9 При необходимости в балках допускается выполнение подрезки на опоре со стороны растянутой зоны при соблюдении следующих требований:

а) для балок из цельной древесины глубина подрезки $h_a \leq 0,25h$, длина скоса $c_1 > 2h_a$ и длина опорной площадки подрезки $c < h$ (рисунок 10.3, а)) при условии, что

$$\frac{R_d}{bh} < 0,4 \text{ МПа}, \quad (10.20)$$

где R_d — опорная реакция от расчетной нагрузки;

b и h — ширина и высота поперечного сечения балки без подрезки;

б) для балок из клееной древесины глубина подрезки $h_a \leq 0,5h$, а длина опорной площадки подрезки $c < 120$ мм (рисунок 10.3, б)) при наличии вклеенных стержней и условии, что

$$1,5 \cdot \frac{R_d}{bh} \leq k_s f_{v,0,d}, \quad (10.21)$$

где R_d — опорная реакция от расчетной нагрузки;

b и h — ширина и высота поперечного сечения балки без врезки;

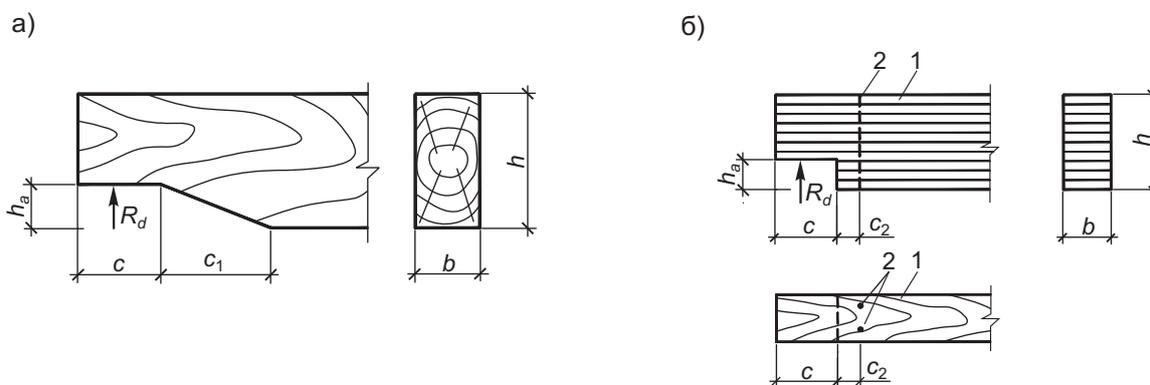
$f_{v,0,d}$ — расчетное сопротивление скалыванию древесины вдоль волокон;

k_s — коэффициент для подрезок с двумя вертикально вклеенными арматурными стержнями диаметром от 16 до 20 мм (рисунок 10.3, б)), определяемый из выражения

$$k_s = 1,805 - 3,965h_a/h + 3,186 (h_a/h)^2. \quad (10.22)$$

В клееных деревянных балках с вертикальными клееными стержнями расстояние c_2 принимается равным $3,5d$, где d — номинальный диаметр клееного стержня.

10.4.2.10 Для клееных балок на участках у опор, а также в зоне действия вертикальных сосредоточенных сил должны быть проверены условия, приведенные в 10.1.3.



1 — балка; 2 — клеенные стержни

Рисунок 10.3 — Опорные участки балок с подрезками:

а — скошенная подрезка опорного участка балки из цельной древесины;

б — подрезка опорного участка балки из клееной древесины с клееными стержнями

10.4.2.11 Из плоских сплошных балок могут проектироваться пространственные конструкции, перекрестно-балочные системы, ребра куполов, складки и др.

10.5 Колонны

10.5.1 Деревянные колонны являются сжатыми или сжато-изгибаемыми несущими конструкциями, опирающимися на фундаменты.

10.5.2 Колонны выполняются как из клееной, так и цельной древесины. В клееных колоннах допускается сочетать древесину 2 и 3 сортов, используя в крайних зонах поперечного сечения на 0,15 высоты более высокий сорт, по которому назначается расчетное сопротивление.

10.5.3 При центральной сжатии колонн расчетное напряжение сжатия должно удовлетворять условиям, приведенным в 7.3.

10.5.4 В других случаях, кроме оговоренных в 10.5.3, напряжения должны удовлетворять условиям, приведенным в 7.6 и 10.1.3.

10.6 Фермы

10.6.1 Расчет ферм с разрезными и неразрезными поясами следует производить по деформированной схеме с учетом податливости узловых соединений. В фермах с неразрезными поясами осевые усилия в элементах и перемещения допускается определять с предположением шарнирных узлов.

10.6.2 Фермы следует проектировать со строительным подъемом не менее $1/200$ пролета, осуществляемым в клееных конструкциях путем выгиба по верхнему и нижнему поясам.

10.6.3 Расчетную длину сжатых элементов ферм при расчете их на устойчивость в плоскости фермы следует принимать равной расстоянию между центрами узлов, а из плоскости — между точками закрепления их из плоскости.

10.6.4 Элементы решетки ферм следует центрировать в узлах. В случае нецентрированных узлов ферм следует учитывать возникающие изгибающие моменты. Стыки сжатых поясов ферм следует располагать в узлах или вблизи узлов, закрепленных от выхода из плоскости.

10.7 Плоские рамы

10.7.1 Клееные деревянные рамы выполняются однопролетными трехшарнирными с дощатыми или клефанерными ригелями и стойками прямоугольного (дощатоклееные), коробчатого или двутаврокоробчатого (клефанерные) сплошного поперечного сечения переменной высоты по длине. Плоские рамы допускается проектировать сквозными, решетчатыми.

10.7.2 Расчет на прочность элементов трехшарнирных рам в их плоскости следует выполнять по правилам расчета сжато-изгибаемых элементов с расчетной длиной, равной длине полурамы по осевой линии.

10.7.3 Устойчивость плоской формы деформирования трехшарнирных рам, закрепленных по внешнему контуру, допускается проверять по формуле (7.24). При этом для гнотоклееных рам и рам из прямолинейных элементов с углом α между осями стойки и ригеля менее 130° расчетную длину ригеля и стойки из плоскости рамы следует принимать равной длинам их внешних подкрепленных кромок, а при угле $\alpha \geq 130^\circ$ расчетную длину элемента следует принимать равной длине осевой линии полурамы.

10.7.4 Жесткие карнизные узлы, где действуют максимальные изгибающие моменты, следует рассчитывать в зависимости от конкретного конструктивного решения.

10.7.5 Расчет прочности криволинейных участков гнотоклееных дощатых рам следует выполнять по формулам (10.14) и (10.15).

10.7.6 Карнизные узлы клеефанерных рам с гнотоклееными элементами (рисунок 10.4) следует рассчитывать по формулам кривых брусьев с приведенными геометрическими характеристиками радиальных сечений:

а) по максимальным тангенциальным напряжениям на сжатой кромке

$$\frac{N_{d,b}}{A_{ef}} + \frac{M_{d,b} \cdot (r_0 - r_1)}{A_{ef} y_0 r_1} \leq f_{c,0,d}; \quad (10.23)$$

б) на растянутой кромке с условным радиусом кривизны r_2

$$\frac{M_{d,b} \cdot (r_2 - r_0)}{A_{ef} y_0 r_2} - \frac{N_{d,b}}{A_{ef}} \leq f_{t,0,d}, \quad (10.24)$$

где $M_{d,b}$ и $N_{d,b}$ — расчетные усилия в биссектрисном сечении узла;

r_1, r_2 — радиусы кривизны кромок биссектрисного сечения узла;

r_0 — радиус кривизны нейтрального слоя;

y_0 — расстояние от центра тяжести сечения до нейтрального слоя (рисунок 10.4);

A_{ef} — приведенная площадь в биссектрисном сечении узла.

10.8 Плоские арки

10.8.1 Гнотоклееные арки следует проектировать преимущественно кругового очертания с соотношением стрелы подъема к пролету не менее $1/6$ и ширины к высоте сечения $1/5-1/7$.

Очертание стрельчатых арок должно определяться из условий обеспечения заданного внутреннего габарита здания, при этом стрелу подъема полуарок следует принимать $1/12-1/15$ длины хорды полуарки.

10.8.2 Арки следует рассчитывать на прочность в соответствии с требованиями 7.6.1 и 7.6.4, а на устойчивость в плоскости кривизны — по формуле (7.24), причем расчетную длину элементов l_d следует принимать по таблице 10.1.

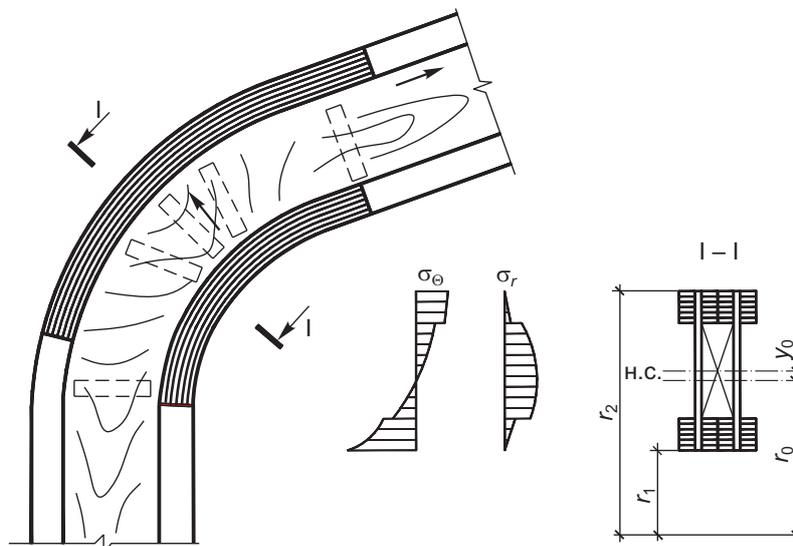


Рисунок 10.4 — Схема карнизного узла клеефанерной рамы

Таблица 10.1 — Расчетные длины элементов арок

| Наименование расчета | Расчетная длина |
|---|--|
| Расчет на прочность по деформированной схеме: для двухшарнирных арок при симметричной нагрузке для двухшарнирных арок при кососимметричной нагрузке | $0,35S_a$ $\frac{\pi S_a}{2 \cdot \sqrt{\pi^2 - \alpha^2}}$ |
| для трехшарнирных арок с углом перелома в ключе не более 10° при симметричной и кососимметричной нагрузках | $0,58S_a$ |
| для трехшарнирных арок с углом перелома в ключе более 10° при симметричной и кососимметричной нагрузках | $0,5S_a$ |
| Расчет на устойчивость в плоскости кривизны для двухшарнирных и трехшарнирных арок | $0,58S_a$ |
| <i>Примечание</i> — S_a — полная длина дуги арки; α — центральный угол полуарки в радианах. | |

10.8.3 Расчет арок на устойчивость плоской формы деформирования следует производить по формуле (7.24).

10.8.4 В опорных и коньковых узлах при опирании полуарок частью торцов в металлические башмаки (рисунок 10.5) должно соблюдаться условие

$$\sigma_{cm,\alpha,d} \leq k_{\sigma 1} \cdot k_{\sigma 2} \cdot f_{c,\alpha,d}, \quad (10.25)$$

где $\sigma_{cm,\alpha,d}$ — расчетное напряжение смятия под углом к волокнам древесины под опорной плитой определяется по формуле

$$\sigma_{cm,\alpha,d} = F_d / A_d, \quad (10.26)$$

здесь $A_d = h_d b$ — площадь опорной площадки торца полуарки (рисунок 10.5) при ширине сечения b ;

F_d — расчетное усилие, действующее перпендикулярно торцу полуарки;

$f_{c,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление древесины смятию под углом к волокнам, определяемое по формуле (6.2);

$k_{\sigma 1}$ и $k_{\sigma 2}$ — коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения напряжений под плитой башмака, определяются по формулам:

$$k_{\sigma 1} = 0,348 - 0,064\beta_2 + 0,107\beta_2^2 - (0,322 + 0,056\beta_2 - 0,044\beta_2^2)\beta_1 + (0,242 - 0,031\beta_2 + 0,065\beta_2^2) \cdot \beta_1^2, \quad (10.27)$$

$$k_{\sigma 2} = 0,87 + 0,08\beta_3 - 0,27\beta_4 + 0,04\beta_1\beta_3 + 0,06\beta_2\beta_3\beta_4 - 0,08\beta_4^2, \quad (10.28)$$

где $\beta_1 = (\alpha - 22,5^\circ) / 22,5^\circ$;

$\beta_2 = (h_d / h - 0,5) / 0,25$;

$\beta_3 = 2l_{sk} / 3h_d - 1$;

$\beta_4 = 10V_d / F_d - 1$;

при $\beta_4 = 0$ значение $k_{\sigma 2}$ следует принимать равным 1.

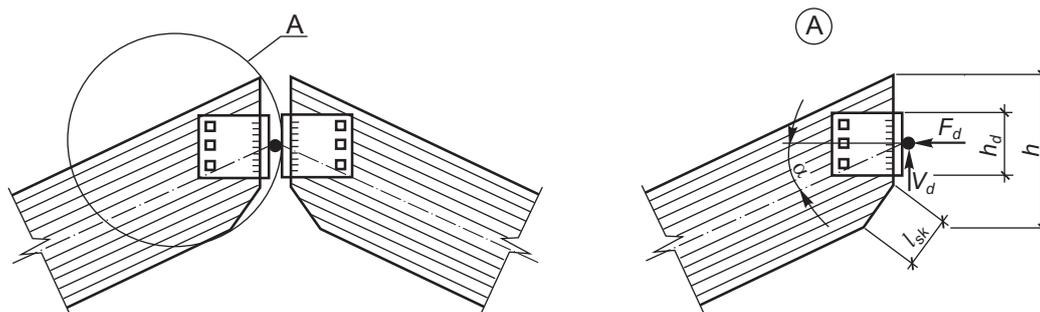


Рисунок 10.5 — Схема конькового узла арки

10.9 Связи

10.9.1 Для обеспечения пространственной неизменяемости и жесткости конструкций в деревянных зданиях и сооружениях необходима постановка связей в покрытии и связей между колоннами каркасов в продольном направлении.

10.9.2 В качестве связей могут применяться жесткие элементы из дерева и металла, воспринимающие сжатие и растяжение, а также гибкие стальные тяжи, воспринимающие только растягивающие усилия. В этом случае вместо одного должны быть установлены два перекрестных гибких элемента.

10.9.3 В каркасных деревянных зданиях в торцевых частях и по длине здания на расстоянии не реже чем через 30 м должны быть установлены связевые блоки жесткости, рассчитанные на восприятие всех возможных горизонтальных усилий, включая усилия от торможения кранов и от других технологических воздействий. Все конструкции, расположенные между блоками жесткости, должны быть объединены в единый геометрически неизменяемый жесткий каркас здания путем соединения их с блоками жесткости.

10.9.4 В плоскости стен должны быть установлены в пределах блоков жесткости следующие связи: продольные — при защемленных колоннах в плоскости рамы каркаса; продольные и поперечные — при шарнирно опертых колоннах. В этом случае не реже чем через 30 м должны располагаться поперечные диафрагмы жесткости в виде рам или защемленных колонн, рассчитанных на соответствующую ветровую нагрузку. Верх всех шарнирно опертых колонн должен быть прикреплен к продольной ферме, расположенной в плоскости верхних или нижних поясов стропильных ферм или балок.

10.9.5 В плоскости покрытия должны быть установлены следующие горизонтальные связи: при защемленных колоннах — поперечные в пределах блоков жесткости; при шарнирно опертых колоннах — поперечные и продольные вдоль стен по всей длине здания.

10.9.6 В зданиях с подвесными кранами должны быть предусмотрены продольные и поперечные связевые фермы в плоскости нижних поясов ферм или балок.

10.9.7 Устойчивость плоских ригелей (ферм и балок) должна быть обеспечена вертикальными жесткими связями, соединяющими попарно вдоль здания смежные фермы или балки. Попарно должны раскрепляться также сжатые нижние участки (кромки, пояса) арок и рам.

10.9.8 В малоэтажных жилых зданиях с панельными или щитовыми стенами в плоскости перекрытий следует устраивать обвязочные пояса, выполненные из цельных или клеодошчатых элементов, передающие горизонтальные нагрузки на каркас.

10.9.9 Усилия в связях следует определять с учетом наиболее неблагоприятных комбинаций воздействий и конструктивных несовершенств.

Приложение А
(обязательное)

Нормативные и временные сопротивления древесины сосны и ели

Нормативные сопротивления $f_{i,\alpha,k}$ и $f_{i,\alpha,k}^*$ (с обеспеченностью 0,95) и средние значения временных сопротивлений $f_{i,\alpha}$ и $f_{i,\alpha}^*$ соответственно сортной древесины пиломатериалов и чистой древесины, приведенные к влажности 12 %, даны для основных видов напряженного состояния в таблице А.1.

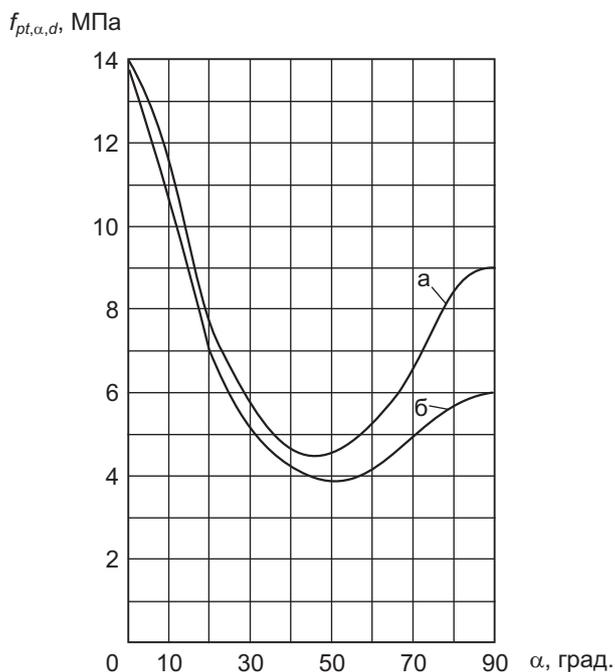
Таблица А.1

В мегапаскалях

| Вид напряженного состояния | $f_{i,\alpha,k}/f_{i,\alpha}$ древесины сорта | | | $f_{i,\alpha,k}^* / f_{i,\alpha}^*$ чистой древесины |
|---|---|---------|-------|--|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1 Изгиб: | | | | |
| а) при нагружении кромки | 26/36 | 24/33 | 16/22 | — |
| б) при нагружении пласти | 30/42 | 27/37,5 | 20/28 | 57/80 |
| 2 Сжатие вдоль волокон | 24/33 | 23/31 | 15/20 | 33/44 |
| 3 Растяжение вдоль волокон | 20/34 | 15/25 | — | 60/100 |
| 4 Скалывание вдоль волокон | 3,6/6 | 3,2/5 | 3,2/5 | 4,5/7 |
| <p><i>Примечания</i></p> <p>1 Размеры поперечных сечений испытываемых образцов пиломатериалов принимают в соответствии с их толщиной по сортаменту.</p> <p>2 Временные сопротивления следует определять для пиломатериалов и заготовок из них цельных и стыкованных на зубчатое соединение — по испытаниям согласно ГОСТ 15613.4, ГОСТ 21554.4 – ГОСТ 21554.6. При выборочных контрольных испытаниях следует руководствоваться ГОСТ 18321 и ГОСТ 20736.</p> <p>3 Прочность древесины брусьев и круглых лесоматериалов допускается оценивать визуально по сортообразующим признакам и требованиям.</p> <p>4 Прочность заготовок из пиломатериалов, сращенных по длине на зубчатый шип, при испытаниях на изгиб и нагружении по пласти должна быть не ниже значений, указанных в 1, б) для 1 сорта.</p> | | | | |

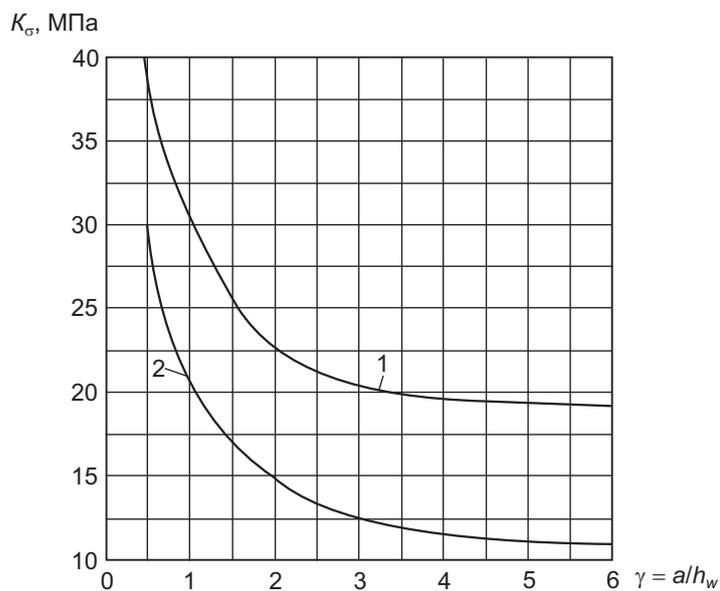
Приложение Б
(обязательное)

Графики для расчета фанерных стенок балок и плит



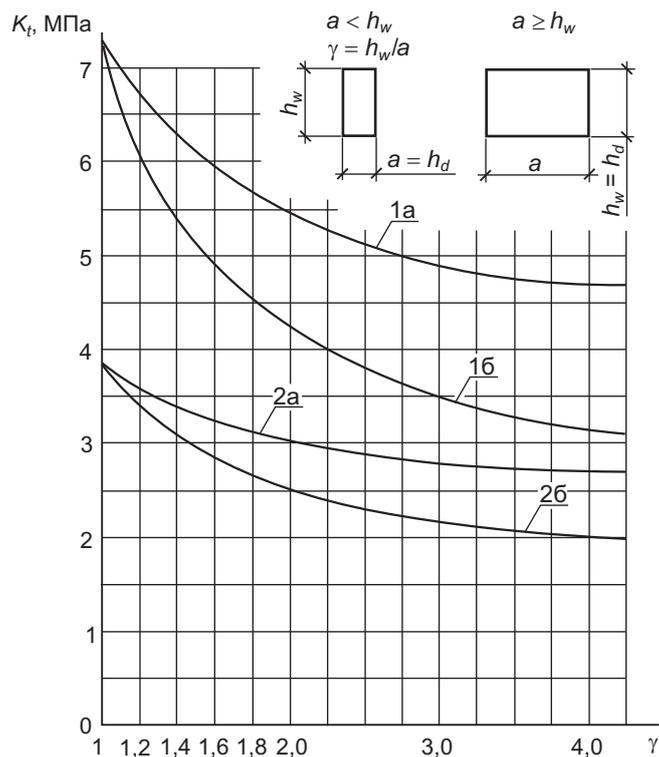
а — для семислойной фанеры; б — для пятислойной фанеры

Рисунок Б.1 — График для определения расчетных сопротивлений растяжению под углом α к волокнам наружных слоев березовой фанеры марки ФСФ



1 — для бакелизированной фанеры марки ФБС толщиной 7 мм и более;
 2 — для березовой фанеры марки ФСФ толщиной 8 мм и более;
 а — расстояние между ребрами жесткости балки;
 h_w — высота стенки между внутренними гранями поясов

Рисунок Б.2 — График для определения коэффициента K_{σ} при расположении волокон в наружных слоях фанеры вдоль пролета



- 1а — для бакелизированной фанеры марки ФБС толщиной 7 мм и более при направлении волокон наружных слоев параллельно малой стороне панели;
- 1б — для бакелизированной фанеры марки ФБС толщиной 7 мм и более при направлении волокон наружных слоев перпендикулярно малой стороне панели;
- 2а, б — для березовой фанеры марки ФСФ толщиной 8 мм и более

Рисунок Б.3 — График для определения коэффициента K_t