

СНБ 5.05.01-2000

**Национальный комплекс
нормативно-технических документов в строительстве**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**ДЕРЕВЯННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ**

СНБ 5.05.01-2000

Издание официальное

**Министерство архитектуры и строительства
Республики Беларусь**

Минск 2001

УДК [69+624.011.1.](083.74)(476)

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

ОКС 91.080.20

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ Государственным предприятием «Стройтехнорм», Техническим комитетом по техническому нормированию и стандартизации в строительстве «Металлические и деревянные конструкции» (ТКС-09).

ВНЕСЕНЫ Главным управлением территориального развития, градостроительства и архитектуры Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь.

2 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 4 октября 2000 г. № 445.

ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫ Главным управлением строительной науки и нормативов Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь за № 131 от 9 октября 2000 г.

В Национальном комплексе нормативно-технических документов в строительстве настоящие строительные нормы входят в блок 5.05 «Деревянные конструкции».

3 ВЗАМЕН СНиП II-25-80.

4 Срок первой проверки — 2005 год, периодичность проверки — 5 лет.

Настоящие строительные нормы не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь.

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Определения	2
4	Обозначения и сокращения	3
4.1	Основные символы	3
4.2	Подстрочные индексы	4
4.3	Обозначения	4
5	Основные требования по проектированию	9
5.1	Общие положения	9
5.2	Определения и классификации	9
5.2.1	Предельные состояния	9
5.2.2	Расчетные ситуации	9
5.2.3	Воздействия	10
5.2.4	Свойства материала	10
5.3	Требования к проектированию деревянных конструкций	11
5.3.1	Общие требования	11
5.3.2	Конструктивные требования по обеспечению долговечности деревянных конструкций	12
5.3.3	Требования к оформлению рабочей документации	13
5.3.4	Предельные состояния по несущей способности	13
5.3.5	Предельные состояния второй группы	14
6	Материалы	14
6.1	Цельная и клееная древесина	14
6.1.1	Общие положения	14
6.1.2	Классы длительности нагружения	16
6.1.3	Коэффициенты условий работы для учета влажности и класса длительности нагружения	16
6.1.4	Расчетные сопротивления древесины	16
6.1.5	Деформативность древесины	19
	Модули упругости и сдвига древесины	19
	Коэффициенты поперечных деформаций древесины	19
	Коэффициенты температурного расширения	19
	Коэффициенты усушки и разбухания древесины	19
6.2	Фанера	19
6.2.1	Требования	19
6.2.2	Расчетные сопротивления фанеры	19
6.2.3	Модули упругости и сдвига фанеры	20
6.3	Требования к клеям	21
7	Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям первой группы	21
7.1	Основные требования	21
7.1.1	Общие положения	21
7.1.2	Растяжение вдоль волокон	22
7.1.3	Растяжение поперек волокон	22
7.1.4	Сжатие вдоль волокон	23
7.1.5	Сжатие под углом к волокнам	24
7.1.6	Изгиб	25
7.1.7	Сдвиг	28
	Общие требования	28
	Балки с подрезками	28

7.1.8 Изгиб с осевым растяжением.....	29
7.1.9 Изгиб с осевым сжатием	29
7.2 Колонны, стойки и балки	31
7.2.1 Колонны и стойки.....	31
7.2.2 Составные и клееные колонны и стойки	31
7.2.3 Балки	33
7.2.4 Односкатные балки.....	33
7.3 Изделия и конструкции	34
7.3.1 Клееные балки с плоскими фанерными стенками, плиты и панели с клееными фанерными обшивками	34
7.3.2 Балки составного сечения	37
7.3.3 Плоские рамы.....	37
7.3.4 Плоские арки и своды.....	39
7.4 Сборные конструкции	41
7.4.1 Фермы	41
Общие требования	41
Фермы на металлических зубчатых пластинах (коннекторах)	41
7.4.2 Настилы и прогоны.....	41
7.4.3 Связи	42
8 Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям второй группы.....	42
9 Соединения.....	43
9.1 Общие положения.....	43
9.2 Клеевые соединения	44
9.3 Соединения на врубках	44
9.4 Соединения нагельного типа	45
9.4.1 Несущая способность соединений нагельного типа.....	45
Соединения древесины с древесиной и древесными плитами.....	45
Соединения древесины со стальными пластинами	48
Многосрезные соединения	49
9.4.2 Поперечно нагруженные гвозди.....	49
Гвоздевые соединения древесины с древесиной	49
Гвоздевые соединения древесины с плитными материалами	50
9.4.3 Гвозди, нагруженные по оси.....	51
9.4.4 Гвозди, работающие на сочетание поперечной и осевой нагрузок	52
9.4.5 Соединения на скобах	53
9.4.6 Поперечно нагруженные болты	53
Общие требования	53
Болтовые соединения древесины с древесиной.....	53
Болтовые соединения плитных материалов с древесиной.....	53
Болтовые соединения металлических пластин с древесиной.....	53
9.4.7 Болты, нагруженные по оси.....	53
9.4.8 Нагельные соединения	53
Общие требования	53
Стальные нагели	54
Алюминиевые нагели.....	54
Стеклопластиковые нагели.....	54
Дубовые нагели.....	54
9.5 Соединения на шурупах.....	54

Поперечно нагруженные шурупы	54
9.6 Соединения на металлических зубчатых пластинах (коннекторах)	55
9.6.1 Общие требования	55
9.6.2 Геометрия пластины	55
9.6.3 Прочностные характеристики пластины	55
9.6.4 Проверка прочности соединения	55
Способность пластины к сцеплению	55
Несущая способность пластины	56
9.7 Соединения на клеенных стальных стержнях	57
9.7.1 Общие требования	57
9.7.2 Стержни, работающие на выдергивание или продавливание вдоль волокон	58
9.7.3 Стержни, работающие на продавливание поперек волокон	58
9.7.4 Соединения на наклонных клеенных стержнях	60
9.7.5 Клеенные стальные нагели	61
10 Изготовление, монтаж деревянных конструкций и контроль качества	62
10.1 Общие требования	62
10.2 Элементы конструкций	63
10.3 Клеевые соединения	63
10.4 Соединения посредством механических крепежных элементов	63
10.5 Сборка, транспортировка и монтаж конструкций	64
10.6 Особые требования для ферм на металлических зубчатых пластинах	64
Приложение А Нормативные и временные сопротивления древесины сосны и ели	65
Приложение Б Рекомендуемый сортамент пиломатериалов	66
Приложение В Марки и рекомендуемые области применения клеев	67
Приложение Г Графики для расчета фанерных стенок балок и плит	68

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**ДРАЎЛЯНЫЯ КАНСТРУКЦЫІ****WOOD CONSTRUCTIONS**

Дата введения 2001-07-01

1 Область применения

1.1 Настоящие строительные нормы распространяются на проектирование деревянных конструкций зданий и сооружений, выполненных из древесины или древесноплитных материалов, склеенных или скрепленных механическими крепежными элементами, эксплуатирующихся при систематическом воздействии температуры окружающего воздуха не выше 50 °С для конструкций из цельной древесины и 35 °С для конструкций из клееной древесины, и устанавливают обязательные технические требования к ним, порядок расчетов и контроль качества.

1.2 Настоящие нормы не распространяются на расчет огнестойкости конструкций и их узлов, проектирование деревянных мостов и конструкций, подверженных длительному воздействию температур выше 50 и 35 °С для конструкций соответственно из цельной и клееной древесины.

2 Нормативные ссылки

В настоящих строительных нормах использованы ссылки на следующие нормативно-технические документы:

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

СНиП 2.01.02-85* изд. 1990 г. Противопожарные нормы

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия

СНиП 2.03.01-84* изд. 1989 г. Бетонные и железобетонные конструкции

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции

СНиП II-23-81* изд. 1988 г. Стальные конструкции

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

ГОСТ 2695-83 Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия

ГОСТ 3916-89 Фанера клееная

ГОСТ 8486-86 Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия

ГОСТ 9462-88 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия

ГОСТ 9463-88 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия

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

ГОСТ 11539-83 Фанера бакелизованная. 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 качественному 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

ГОСТ 24454-80 Пиломатериалы хвойных пород. Размеры.

3 Определения

В настоящих строительных нормах применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Влажность древесины — это процентное содержание свободной воды в полостях и гигроскопической воды в порах древесины.

Воздействия (влияния), вызывающие напряжения в элементах конструкции либо их перемещения — это нагрузка, усилие, приложенные к конструкции (прямое воздействие) или вынужденная деформация (косвенное воздействие), возникшая в результате изменения температуры или влажности.

Жесткость — степень деформативности материала или конструкции при воздействиях.

Конструктивная система — несущие элементы здания или сооружения и предполагаемая модель их работы.

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 нагрузок, действующих перпендикулярно его оси.

Надежность конструкции — система показателей, гарантирующих, что в течение принятого срока нормальной эксплуатации здания или сооружения предельные состояния не будут достигнуты (превышены).

Нормативное значение — малое значение, которое имеет заданную вероятность того, что оно не будет достигнуто в гипотетически неограниченной серии испытаний, то есть какой-нибудь квантиль функции распределения свойств.

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.

Предельное состояние — состояние, при достижении которого конструкция перестает удовлетворять предъявляемым к ней в процессе эксплуатации или при возведении требованиям, заданным в соответствии с назначением и ответственностью сооружения.

Прочность древесины при растяжении (f_t) — максимальные растягивающие напряжения в древесине при одноосном напряженном состоянии.

Прочность древесины при сжатии (f_c) — максимальные сжимающие напряжения в древесине при одноосном напряженном состоянии.

Прочность древесины при скалывании (f_v) — максимальные скалывающие напряжения в древесине при одноосном напряженном состоянии.

Равновесная влажность — влагосодержание, при котором древесина не приобретает и не отдает влаги в окружающую среду.

Расчетная модель — идеализация конструктивной системы, используемая с целью анализа и расчета конструкции либо ее элемента.

Расчетная ситуация — совокупность физических условий, касающихся некоторого определенного периода времени, для которого следует подтвердить расчетом, что предельное состояние конструкции не будет превышено.

Расчетное сопротивление древесины (сжатию — $f_{c,d}$; растяжению — $f_{t,d}$; скалыванию — $f_{v,d}$) — прочность древесины, принимаемая при расчете конструкций по I и II группам предельных состояний, получаемая путем деления нормативных значений сопротивления на коэффициент надежности древесины (γ_m).

2

Сорт древесины — величина, характеризующая качество древесины в зависимости от допустимых пороков и обозначается числами.

Форма конструкции — конструктивный тип, обозначающий компоновку конструктивных элементов.

4 Обозначения и сокращения

4.1 Основные символы

Обозначения, применяемые в настоящих строительных нормах, основаны на использовании приведенных ниже основных символов и производных от них.

A	— площадь сечения;
E	— эффект от воздействия, модуль упругости;
F	— воздействие (сила);
G	— постоянное воздействие;
H	— высота конструкции;
I	— момент инерции;
L	— длина;
M	— изгибающий момент;
Q	— временное воздействие;
R	— несущая способность;
S	— статический момент;
T	— внутреннее усилие;
V	— сдвигающее усилие;
W	— момент сопротивления;
X	— свойство материала;
a	— геометрические данные, расстояние;
b	— ширина;
d	— диаметр, глубина;
e	— эксцентриситет;
f	— прочность материала;
h	— высота, высота балки;
i	— радиус инерции;
k	— коэффициент, всегда с подстрочным индексом;
l	— пролет, длина;
m	— масса;
r	— радиус;
s	— шаг;
t	— толщина;
x,y,z	— координаты;
α	— угол, отношение;
β	— угол, отношение;
γ	— частные коэффициенты;
γ_G	— для постоянных воздействий;
γ_m	— для свойств материала;
γ_Q	— для переменных воздействий;
ψ	— коэффициенты, определяющие характерные значения временных воздействий;
λ	— гибкость;
ρ	— плотность;
σ	— нормальное напряжение;
τ	— сдвигающее (касательное) напряжение.

4.2 Подстрочные индексы

c	— сжатие;
d	— расчетный;
f	— фланцевый;
k	— нормативный;

inf	— нижний, низкий;
sup	— верхний;
mod	— поправочный;
m	— изгибный, материала;
q	— временное воздействие;
t	— растяжение;
v	— сдвиг;
x,y,z	— координаты;
α	— угол между силой и направлением волокон древесины;
0;90	— соответственно вдоль и поперек волокон древесины.

4.3 Обозначения

В настоящих нормах 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;
A	— площадь поперечного сечения стержня;
C_d	— номинальное значение или функция определенных свойств материала конструкции;
D	— особые воздействия;
D_d	— расчетное (заданное) значение особого воздействия;
D_k	— нормативные значения особых воздействий;
E_d	— расчетные значения результатов воздействий;
E_0	— модуль упругости древесины вдоль волокон;
$E_{0,nom}$	— 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;
F_k	— нормативные значения воздействий;
$F_{d,a}$	— расчетное усилие, действующее перпендикулярно торцу полуарки;
F_{ax}	— осевая нагрузка по направлению гвоздей;
F_{la}	— перпендикулярная к продольной оси гвоздей нагрузка;
F_{Ac}	— сила, действующая на зубчатую пластину в центре рабочей площади;
G	— постоянные воздействия;
G_d	— расчетные значения постоянных воздействий;
G_k	— нормативные значения постоянных воздействий;
$G_{k,sup}$	— полные (верхние) значения нормативных воздействий;
$G_{k,inf}$	— пониженные (нижние) значения нормативных воздействий;
H	— высота конструкции или длина элемента;
$I_{i,sup}$	— момент инерции брутто поперечного сечения отдельной ветви относительно собственной оси;
I_{sup}	— момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси;

4

I_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;
Q	— временные воздействия;
$Q_{k,1}$	— нормативное значение одного из временных воздействий;

$Q_{k,i}$	— нормативные значения остальных временных воздействий;
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_{la}	— расчетная несущая способность соединения, нагруженного только поперечной нагрузкой;
S_{sd}	— статический момент сдвигаемой части приведенного сечения 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	— глубина подрезки;
a_d	— геометрическая характеристика;
a_b	— расстояние между ребрами;
a_1	— расстояние между ребрами в свету в плитах и панелях;
b	— ширина поперечного сечения;
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;
d	— номинальный диаметр стержня, гвоздя или нагеля;
d_0	— диаметр отверстия под вклеенный стержень;
e	— эксцентриситет;
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;
$f_{i,0,d}, f_{i,90,d}$	— расчетные сопротивления древесины, соответствующие напряженному состоянию;
$f_{v,mod,d}$	— 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 смятию древесины для нагельных соединений;
$f_{h,1,d}$	— расчетное сопротивление смятию древесины для наружных элементов симметричных соединений и более тонких элементов односрезных нагельных соединений;
$f_{h,2,d}$	— расчетное сопротивление смятию древесины 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;
$f_{a,0,d}$	— расчетное сопротивление сцеплению единицы площади зубчатой пластины;
$f_{t,x,d}, f_{t,y,d}$	— расчетное сопротивление растяжению единицы ширины зубчатой пластины в направлении (x) и (y) соответственно;
$f_{c,x,d}, f_{c,y,d}$	— расчетное сопротивление сжатию единицы ширины зубчатой пластины в направлении (x) и (y) соответственно;
$f_{v,x,d}, f_{v,y,d}$	— расчетное сопротивление срезу единицы ширины зубчатой пластины в направлении (x) и (y) соответственно;
$f_{sv,d}$	— 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	— высота поперечного сечения;
h_f	— высота полок балки;
h_l	— максимальная высота поперечного сечения на участке (l_m);
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_l	— глубина врубки;
i	— радиус инерции сечения элемента;
k_{-a} и k_{+a}	— коэффициенты усушки и разбухания поперек волокон древесины;
k_c	— коэффициент продольного изгиба;
$k_{c,90}$	— 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 переменности высоты сечения;
k_i	— коэффициент условий работы при обугливание древесины;

6

k_{inst}	— коэффициент устойчивости изгибаемого элемента;
k_k	— коэффициент податливости соединений;
k_{mod}	— коэффициент условий работы, учитывающий влажность и длительность нагружения;
$k_{m,c}$	— 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_f	— 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 температуру 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_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 концентрацию местных напряжений на проверяемом участке;
k_2	— коэффициент, учитывающий снижение прочности клееного шва поперек волокон в клееных деревянных элементах;
$k_{\sigma 1}$ и $k_{\sigma 2}$	— коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения напряжений под плитой башмака;
l	— пролет;
l_d	— расчетная длина элемента;
$l_{d,1}$	— расчетная длина заземленной 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	— число вертикальных швов;
$n_{e,f}$	— расчетное количество нагелей;
n_n	— количество нагелей в соединении;
n_s	— количество швов в соединении для одного нагеля;
n_1	— количество швов в поперечном сечении;
n_2	— расчетное среднее количество срезов в одном шве, приведенное к 1 м элемента;
r	— радиус;
r_{max}	— расстояние от центра тяжести до самой удаленной точки расчетной площади;
$s_{e,f}$	— расчетное значение шага крепежных элементов;
s_{min} и s_{max}	— минимальный и максимальный шаг крепежных элементов;
t	— толщина соединяемых элементов;
t_1	— толщина крайних элементов в симметричных соединениях или более тонких элементов в односрезовых соединениях;
t_2	— толщина средних элементов в симметричных соединениях или более толстых, или равных по толщине элементов в односрезовых соединениях;
u	— прогиб;
u_0	— прогиб балки постоянного сечения высотой (h) без учета деформаций сдвига;
u_{max}	— максимальный прогиб;
α	— угол, отношение;
β	— угол, отношение;

γ_A	— коэффициент надежности для особых воздействий;
γ_F	— коэффициент надежности для воздействий;
γ_G	— коэффициент надежности для постоянных воздействий;
γ_m	— коэффициент надежности по материалу;
γ_n	— частный коэффициент надежности по назначению;
γ_Q	— коэффициент надежности для временных воздействий;
λ	— гибкость;
λ_y, λ_z	— гибкость относительно осей (y) и (z);
λ_{max}	— предельная гибкость;
λ_1	— гибкость отдельной ветви относительно собственной оси;
$\mu_{0,90}$	— коэффициент Пуассона вдоль волокон древесины;
$\mu_{90,0}$	— коэффициент Пуассона поперек волокон древесины;
μ_p	— коэффициенты Пуассона строительной фанеры;
μ_0	— коэффициент, учитывающий закрепление элемента и нагрузку, действующую на элемент;
ρ	— плотность древесины;
ρ_p	— плотность фанеры;
$\sigma_{c,0,d}$	— расчетное сжимающее напряжение вдоль волокон древесины;
$\sigma_{c,\alpha,d}$	— расчетные напряжения сжатия под углом (α) к направлению волокон древесины;
$\sigma_{c,90,d}$	— расчетное сжимающее напряжение поперек волокон древесины;
$\sigma_{cm,\alpha,d}$	— расчетное напряжение смятия под углом к волокнам древесины под опорной плитой;
$\sigma_{t,0,d}$	— расчетное растягивающее напряжение вдоль волокон древесины;
$\sigma_{t,90,d}$	— расчетное растягивающее напряжение поперек волокон древесины;
$\sigma_{m,d}$	— расчетное напряжение от изгиба;
$\sigma_{m,y,d}$ и $\sigma_{m,z,d}$	— расчетные напряжения изгиба относительно заданной оси;
$\sigma_{f,c,d}$	— расчетные сжимающие напряжения в полках балки;
$\sigma_{f,t,d}$	— расчетные растягивающие напряжения в полках балки;
σ_w	— нормальное напряжение в стенке от изгиба на уровне внутренней кромки поясов;
$\tau_{\alpha,d}$	— усредненное расчетное напряжение, действующее касательно проверяемому сечению;
$\tau_{v,0,d}$	— расчетное скалывающее напряжение вдоль волокон древесины;
$\tau_{w,d}$	— расчетные скалывающие напряжения в стенке балки на уровне ее нейтральной оси;
$\tau_{w,f,d}$	— расчетные скалывающие напряжения в швах между поясами и стенкой балки;
τ_w	— касательное напряжение в стенке на уровне внутренней кромки поясов;
$\tau_{f,d}$	— расчетное скалывающее напряжение в обшивке по шву в месте примыкания ее к ребрам;
ψ_i	— коэффициенты сочетаний.

5 Основные требования по проектированию

5.1 Общие положения

5.1.1 Конструкция должна быть запроектирована таким образом, чтобы она:

— была пригодной к эксплуатации по своему назначению (с учетом предполагаемого срока службы и затрат);

— с определенной степенью надежности воспринимала воздействия, которые могут возникнуть во время транспортировки, монтажа, эксплуатации, реконструкции и имела соответствующую долговечность по отношению к затратам на эксплуатацию;

— не повреждалась при взрывах и ударах в пределах, соразмерных с расчетным случаем.

5.1.2 Потенциальное повреждение конструкции должно быть ограничено или исключено при выполнении следующих требований:

— исключение или сокращение риска, которому может подвергаться конструкция;

— выбор конструктивной формы с низкой чувствительностью к возможному риску;

— выбор конструктивной формы, способной выдержать воздействия при аварийном удалении какого-либо из элементов;

— соединение конструкций между собой.

5.1.3 Перечисленным выше требованиям должен отвечать выбор соответствующих материалов, расчетных моделей и конструирование, назначение необходимых контрольных параметров при изготовлении, монтаже и эксплуатации конструкций.

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

5.2 Определения и классификации

5.2.1 Предельные состояния

5.2.1.1 Предельные состояния подразделяют на две группы:

а) первая группа — по потере несущей способности или непригодности к эксплуатации;

б) вторая группа — по непригодности к нормальной эксплуатации.

5.2.1.2 Предельные состояния первой группы связаны с обрушением или другими формами разрушения конструкций, которые могут угрожать здоровью и жизни людей.

5.2.1.3 Состояния, предшествующие обрушению конструкции, также следует считать как предельные по потере несущей способности.

5.2.1.4 Предельные состояния первой группы включают в себя следующие расчеты:

— по прочности, чтобы предотвратить хрупкое, вязкое, усталостное и иного характера разрушение;

— по потере устойчивости положения конструкций (расчет на опрокидывание и скольжение);

— по потере устойчивости формы конструкций (расчет на общую и местную устойчивость).

5.2.1.5 Предельные состояния второй группы соответствуют состояниям, при достижении которых конструкция не отвечает эксплуатационным требованиям.

5.2.1.6 Предельные состояния второй группы включают в себя следующие расчеты:

— по определению деформаций или прогибов, которые влияют на внешний вид или эффективное использование конструкции, или вызывающие повреждение отделки и других элементов;

— по образованию или чрезмерному раскрытию и распространению трещин в конструкциях в зависимости от требований к их трещиностойкости.

5.2.2 Расчетные ситуации

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

5.2.2.2 Расчетные ситуации подразделяются на:

— постоянные (устойчивые эксплуатационные), соответствующие нормальным условиям эксплуатации конструкции;

— временные (переходные), например, во время строительства и ремонта;

— особые (аварийные).

9

5.2.3 Воздействия

5.2.3.1 Воздействие (F) — это нагрузка, усилие, приложенные к конструкции (прямое воздействие) или вынужденная деформация (косвенное воздействие), возникшая в результате изменения температуры или влажности.

5.2.3.2 Нормативные значения воздействий (F_k) следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07. Если требования нормативно-технического документа недостаточны, нормативные значения воздействий (нагрузок) могут быть уточнены заказчиком или проектной организацией при согласовании с заказчиком.

5.2.3.3 Воздействия, в зависимости от продолжительности действия, классифицируются на постоянные (G) и временные (Q). Временные, в свою очередь, подразделяют на длительные, средней длительности, кратковременные и особые.

5.2.3.4 Для постоянных воздействий, коэффициент вариации которых велик, или которые можно изменять в течение срока службы конструкции, устанавливаются два нормативных значения: полное (верхнее) ($G_{k,sup}$) и пониженное (нижнее) ($G_{k,inf}$). Для остальных постоянных воздействий достаточно единственного нормативного значения (G_k).

Допускается собственный вес конструкции определять по номинальным размерам и средней плотности.

5.2.3.5 Для временных воздействий основным является их нормативное значение (Q_k). Другие значения временных воздействий определяют через (Q_k) и коэффициент сочетания (ψ_i). Значения коэффициентов сочетаний (ψ_i) принимаются по СНиП 2.01.07.

5.2.3.6 Расчетные значения воздействий (F_d) следует определять путем умножения нормативного значения (F_k) на коэффициент надежности для воздействий (γ_F)

$$F_d = \gamma_F F_k ; \quad (5.1)$$

в частности:

— для постоянных воздействий

$$G_d = \gamma_G G_k ; \quad (5.2)$$

— для временных воздействий

$$Q_d = \gamma_Q Q_k \text{ или } Q_d = \gamma_Q \psi_i Q_k ; \quad (5.3)$$

— для особых воздействий, если непосредственно не устанавливается (D_d)

$$D_d = \gamma_A D_k , \quad (5.4)$$

где γ_G, γ_Q и γ_A — коэффициенты надежности для воздействий, учитывающие возможность неблагоприятных отклонений воздействий, неточностей их моделирования, неопределенностей в оценке результатов воздействий и рассматриваемого предельного состояния.

5.2.3.7 Расчетные значения результатов воздействий (E_d) — это реакция конструкции на воздействия (изгибающие моменты, усилия, нагрузки). Значения (E_d) следует определять из расчетных значений воздействий, геометрических данных материала:

$$E_d = E(F_d, a_d, \dots) , \quad (5.5)$$

где a_d — геометрическая характеристика.

5.2.4 Свойства материала

5.2.4.1 Свойства материала характеризуются нормативным значением (X_k), которое соответствует квантилю в предполагаемой статистической функции распределения, установленной соответствующим стандартом на испытания.

5.2.4.2 Расчетные значения (X_d) свойств материала определяются по формуле

$$X_d = X_k / (\gamma_m \gamma_n) , \quad (5.6)$$

10

где γ_m — коэффициент надежности по материалу;

γ_n — коэффициент надежности по назначению.

5.2.4.3 Расчетная несущая способность (R_d) конструкции или соединения определяется из расчетных значений свойств материала, геометрических данных и результатов воздействий по формуле

$$R_d = R(X_d, a_d, \dots) . \quad (5.7)$$

Расчетную несущую способность (R_d) конструкции или соединения допускается определять по результатам испытаний.

5.3 Требования к проектированию деревянных конструкций

5.3.1 Общие требования

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

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

5.3.1.3 При проектировании деревянных конструкций следует предусматривать защиту их от увлажнения, биоповреждения, от коррозии (для конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред) в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11, а также огнезащиту в соответствии с требованиями СНиП 2.01.02.

5.3.1.4 Деревянные конструкции следует проектировать с учетом их заводского изготовления, а также условий эксплуатации, транспортирования и монтажа как поэлементно, так и укрупненными блоками.

5.3.1.5 Расчеты должны выполняться на основе соответствующих расчетных моделей конструкции, а в случае необходимости — испытаний с учетом всех факторов.

Расчетные модели должны быть достаточно точными и соответствовать действительной работе конструкции при рассматриваемом предельном состоянии.

5.3.1.6 Напряжения и деформации в деревянных конструкциях 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.

5.3.1.7 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:

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

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

5.3.1.8 В растянутых и изгибаемых элементах из пиломатериалов не следует допускать ослаблений на кромках.

5.3.1.9 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.

5.3.1.10 Пространственную жесткость и устойчивость деревянных конструкций следует обеспечивать постановкой горизонтальных и вертикальных связей.

Поперечные связи следует располагать в плоскости сжатого пояса (как правило, по верху несущих конструкций).

В качестве поясов связевых ферм следует использовать верхние пояса или все сечение несущих конструкций.

5.3.1.11 Размер опорной части плит покрытий должен быть не менее 55 мм. Плиты покрытий следует прикреплять к несущей конструкции с каждой стороны соединениями, воспринимающими усилия сдвига и отрыва.

11

5.3.1.12 Стыки деревянных растянутых элементов следует осуществлять совмещенными в одном сечении, перекрывая их накладками на стальных цилиндрических нагелях.

Конструкция стыков растянутых элементов должна обеспечивать осевую передачу растягивающего усилия.

5.3.1.13 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.

5.3.1.14 Элементы деревянных конструкций следует центрировать в узлах, за исключением случаев, когда эксцентричное соединение элементов уменьшает действующий в расчетном сечении изгибающий момент.

5.3.1.15 Площадь поперечного сечения нетто (A_{inf}) деревянных элементов сквозных несущих конструкций должна быть не менее 5000 мм², а также не менее 0,5 полной площади сечения брутто (A_{sup}) при симметричном ослаблении и 0,67 при несимметричном ослаблении.

5.3.2 Конструктивные требования по обеспечению долговечности деревянных конструкций

5.3.2.1 Для обеспечения долговечности конструкций необходимо учитывать следующие факторы:

- назначение конструкции;
- требуемые особенности работы;
- ожидаемые условия эксплуатации;
- состав, свойства и работу применяемых материалов;
- форму элементов и деталей конструкции;
- качество работ и степень контроля;
- специальные защитные мероприятия;
- вероятное техническое содержание конструкции в течение назначенного срока эксплуатации.

5.3.2.2 Конструктивные меры должны предусматривать:

а) предохранение древесины конструкций от непосредственного увлажнения атмосферными осадками, грунтовыми и тальми водами (за исключением опор воздушных линий электропередачи), производственными водами;

б) предохранение 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).

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

5.3.2.4 В отапливаемых зданиях несущие конструкции следует располагать, как правило, без пересечения их с ограждающими конструкциями.

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

5.3.2.6 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.

5.3.2.7 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 древесины преимущественно лиственных пород.

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

5.3.2.9 Покрытия с деревянными несущими и ограждающими конструкциями следует проектировать, как правило, с наружным отводом вод.

5.3.2.10 В ограждающих конструкциях отапливаемых 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.

12

Рулонные и пленочные материалы, используемые в качестве пароизоляции в плитах и панелях стен, у которых обшивки из фанеры или древесины соединены гвоздями или шурупами с деревянным или с клееным каркасом, 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.

5.3.3 Требования к оформлению рабочей документации

5.3.3.1 В состав рабочей документации раздела марки КД «Конструкции деревянные» следует включать схемы расположения деревянных конструкций, соединительные узлы, узлы опирания, расчетные схемы основных несущих конструкций и спецификации.

5.3.3.2 На рабочих чертежах марки КД следует указывать:

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

5.3.3.3 Рабочие чертежи раздела марки КД «Конструкции деревянные» следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 21.501.

5.3.3.4 Деталировочные чертежи разрабатываются в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД с учетом требований ГОСТ 21.501.

5.3.3.5 На деталировочных чертежах должны быть указаны:

- порода, сорт и влажность древесины;
- припуски на обработку;
- марка клея для клееных конструкций;
- допуски линейных размеров;

- шероховатость поверхности;
- защитная обработка конструкций.

5.3.4 Предельные состояния по несущей способности

5.3.4.1 При расчете конструкций на прочность должно соблюдаться следующее условие:

$$T_d < R_d, \quad (5.8)$$

где T_d — расчетное значение внутренней силы или момента (или соответствующего вектора нескольких внутренних сил или моментов);

R_d — соответствующая расчетная несущая способность.

5.3.4.2 При рассмотрении предельных состояний первой группы необходима проверка, чтобы конструкция не превращалась в механизм, если воздействия не превышают их расчетных значений, принимая во внимание все конструкционные свойства с их расчетными значениями.

5.3.4.3 При рассмотрении предельного состояния по потере устойчивости необходима проверка, что оно не наступит при условиях, оговоренных в 5.3.4.2. В дополнение следует проверить несущую способность сечения согласно требованиям 5.3.4.1.

5.3.4.4 Расчетный эффект от воздействий (E_d) следует определять на основе сочетаний, приведенных в таблице 5.1.

5.3.4.5 Расчетные значения нагрузок, представленные в таблице 5.1, следует объединять в комбинации по следующим правилам:

- основные комбинации

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}; \quad (5.9)$$

- особые комбинации

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + D_d + \psi_{1,i} Q_{k,i} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}, \quad (5.10)$$

13

где $G_{k,j}$ — нормативные значения постоянных воздействий;
 $Q_{k,1}$ — нормативное значение одного из временных воздействий;
 $Q_{k,i}$ — нормативные значения остальных временных воздействий;
 D_d — расчетное (заданное) значение особого воздействия;
 $\gamma_{G,j}$ — коэффициенты надежности для постоянных воздействий;
 $\gamma_{A,j}$ — коэффициенты надежности для особых воздействий;
 $\gamma_{Q,i}$ — коэффициенты надежности для временных воздействий;
 $\psi_{i,i}$ — коэффициенты сочетаний.

Таблица 5.1 — Расчетные значения нагрузок в сочетаниях

Расчетная комбинация	Постоянная нагрузка (G_d)	Временные нагрузки (Q_d)		Особые нагрузки (D_d)
		первая со своими нормативными значениями	все остальные со своими комбинационными значениями	
Основная	$\gamma_G G_k$	$\gamma_Q Q_k$	$\psi_Q \gamma_Q Q_k$	—
Особая	$\gamma_G G_k$	$\psi_1 Q_k$	$\psi_2 Q_k$	$\gamma_A D_k^*$

* Если значение (D_d) не установлено непосредственно.

5.3.4.6 Особые сочетания включают в себя определенное особое воздействие (D) или относятся к ситуации после особого события $D = 0$. Если не установлены другие требования, можно принять $\gamma_A = 1$.

5.3.4.7 В различных сочетаниях постоянные нагрузки, увеличивающие эффект временных нагрузок (т.е. неблагоприятные), должны быть приняты полными расчетными значениями, а уменьшающие этот эффект (т.е. благоприятные) — их пониженными расчетными значениями.

5.3.4.8 Для проверочных расчетов, результаты которых чувствительны к изменениям в зависимости от места приложения и величины постоянных нагрузок, их неблагоприятные и благоприятные составляющие должны рассматриваться как отдельные нагрузки. Это относится в частности к проверке статического равно-

веса. В остальных случаях по всей конструкции необходимо принимать либо пониженное, либо полное расчетное значение нагрузки, которое приводит к более неблагоприятному эффекту.

5.3.4.9 Допускается во всех пролетах многопролетных балок принимать одно и то же расчетное значение собственного веса балок.

5.3.5 Предельные состояния второй группы

При расчете конструкций по второй группе предельных состояний должно соблюдаться следующее условие

$$E_d < C_d \text{ или } E_d < R_d, \quad (5.11)$$

где C_d — номинальное значение или функция определенных свойств материала конструкции, связанная с рассматриваемым расчетным воздействием;

E_d — расчетный эффект от воздействия, определяемый по формуле

$$\sum G_{k,i} + Q_{k,i} + \sum \psi_{i,i} Q_{k,i}. \quad (5.12)$$

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 преимущественно 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 сорта в соответствии с требованиями ГОСТ 2695, ГОСТ 8486, ГОСТ 9462, ГОСТ 9463, ГОСТ 11047, а также с учетом дополнительных требований:

14

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 сорта для крайней растянутой зоны (на 0,15 высоты сечения) клееных изгибаемых элементов и в досках 1—3 сорта толщиной 60 мм и менее, работающих на ребро при изгибе или на растяжение, не допускается наличие сердцевины.

Значения нормативных и временных сопротивлений 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.

Таблица 6.1

Класс условий эксплуатации	Характеристика условий эксплуатации конструкций	Максимальная влажность древесины для конструкций	
		из клееной древесины	из неклееной древесины
1 2 3	Внутри отапливаемых помещений при температуре до 35 °С, относительной влажности воздуха, %: до 60 включ.	9 12 15	20 20 20
	св. 60 “ 75 “		
	“ 75 “ 95 “		
2 3	Внутри неотапливаемых помещений при относительной влажности воздуха, %: до 75 включ.	12 15	20 25
	св. 75		
4	На открытом воздухе	12	25
4	В частях зданий и сооружений, соприкасающихся с грунтом	—	25

5	Постоянно увлажняемые	—	Не ограничивается
5	Находящихся в воде	—	Не ограничивается
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Применение клееных деревянных конструкций в условиях эксплуатации класса 1 при относительной влажности воздуха ниже 45 % не допускается.</p> <p>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.</p>			

6.1.1.4 Нормативные значения сопротивлений следует определять испытанием стандартных образцов в предположении линейной зависимости между нагрузкой и напряжением до разрушения.

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

6.1.1.6 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.

6.1.1.7 Размеры поперечного сечения рекомендуется назначать в соответствии с сортаментом пиломатериалов по ГОСТ 24454 (приложение Б).

6.1.1.8 Клееная древесина должна соответствовать требованиям ГОСТ 20850.

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

6.1.1.10 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 устойчивых к загниванию пород древесины (береза, бук), либо они должны подвергаться антисептированию.

6.1.1.11 Плотность древесины и фанеры (ρ), (ρ_F) для определения собственной массы конструкций (m) следует принимать по таблице 6.2.

15

Таблица 6.2 — Плотность древесины

Породы 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
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Плотность свежесрубленной древесины хвойных и мягких лиственных пород следует принимать равной 850 кг/м³, твердых лиственных пород — 1000 кг/м³.</p> <p>2 Плотность клееной древесины следует принимать как и неклееной древесины.</p> <p>3 Плотность обычной фанеры следует принимать равной плотности древесины шпонов бакелизированной — 1000 кг/м³.</p>		

6.1.2 Классы длительности нагружения

Для расчетов на прочность и деформативность нагрузки должны быть причислены к одному из классов длительности, приведенных в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Класс длительности нагружения	Вид воздействия
Постоянная	Собственная масса конструкций
Длительная	Эксплуатационная, часть снеговой нагрузки для III снегового района
Кратковременная	Ветровая, монтажная

Особая (для опор воздушных линий электропередачи)	Гололедная, ветровая при гололеде, от натяжения проводов при температуре ниже среднегодовой, монтажная
---	--

6.1.3 Коэффициенты условий работы для учета влажности и класса длительности нагружения

6.1.3.1 Значения коэффициента условий работы (k_{mod}) приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Значения (k_{mod}) для фанеры, цельной и клееной древесины

Класс длительности нагружения	Условия эксплуатации по таблице 6.1				
	1	2	3	4	5
Постоянная нагрузка	0,80	0,80	0,75	0,70	0,65
Длительная	0,95	0,95	0,85	0,80	0,70
Кратковременная	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 состоит из воздействий, принадлежащих разным классам длительности, то следует принимать коэффициент (k_{mod}), соответствующий нагрузке с более короткой длительностью.

6.1.4 Расчетные сопротивления древесины

6.1.4.1 Расчетные сопротивления древесины сосны, ели, лиственницы европейской приведены в таблице 6.5. Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливаются путем умножения величин, приведенных в таблице 6.5, на переходные коэффициенты (k_x), указанные в таблице 6.6.

6.1.4.2 В конструкциях построечного изготовления величины расчетных сопротивлений на растяжение, принятые по 2а таблицы 6.5, следует снижать на 30 %.

Таблица 6.5 — Расчетные сопротивления древесины

Напряженное состояние и характеристика элементов	Обозначение	Расчетные сопротивления, МПа, для сортов древесины		
		1	2	3
1 Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон:				
а) элементы прямоугольного сечения (за исключением указанных в поз.б, в) высотой до 0,5 м	$f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$	14,0	13,0	8,5
б) элементы прямоугольного сечения шириной от 0,11 до 0,13 м при высоте сечения от 0,11 до 0,5 м	$f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$	15,0	14,0	10,0
в) элементы прямоугольного сечения шириной св. 0,13 м при высоте сечения от 0,13 до 0,5 м	$f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{cm,0,d}$	16,0	15,0	11,0
г) элементы из круглых лесоматериалов без врезок в расчетном сечении	$f_{m,d}, f_{c,0,d}, f_{c,d}$	—	16,0	10,0
2 Растяжение вдоль волокон:				
а) неклееные элементы	$f_{t,0,d}$	10,0	7,0	—
б) клееные элементы	$f_{t,0,d}$	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 конструкции лобовых врубках и узловых примыканиях элементов	$f_{cm,90,d}$	3,0	3,0	3,0
б) под шайбами при углах смятия от 90° до 60°	$f_{cm,90,d}$	4,0	4,0	4,0
5 Скалывание вдоль волокон:				
а) при изгибе неклееных элементов	$f_{v,0,d}$	1,8	1,6	1,6
б) при изгибе клееных элементов	$f_{v,0,d}$	1,6	1,5	1,5
в) в лобовых врубках для максимального напряжения	$f_{v,0,d}$	2,4	2,1	2,1
г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения	$f_{v,0,d}$	2,1	2,1	2,1
6 Скалывание поперек волокон:				
а) в соединениях неклееных элементов	$f_{v,90,d}$	1,0	0,8	0,6
б) в соединениях клееных элементов	$f_{v,90,d}$	0,7	0,7	0,6
7 Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины	$f_{t,90,d}$	0,35	0,3	0,25

Таблица 6.6

Древесные породы	Коэффициент (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 ($f_{v,0,d}$)
Хвойные			
1 Лиственница, кроме европейской и японской	1,2	1,2	1,0
2 Кедр сибирский, кроме Красноярского края	0,9	0,9	0,9
3 Кедр Красноярского края, сосна веймутова	0,65	0,65	0,65
4 Пихта	0,8	0,8	0,8

Окончание таблицы 6.6

Древесные породы	Коэффициент (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 ($f_{v,0,d}$)
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

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

6.1.4.4 Расчетные сопротивления, приведенные в таблице 6.5, следует умножать на коэффициенты условий работы.

6.1.4.4.1 Для различных условий эксплуатации и классов длительности нагружения — на значение коэффициента (k_{mod}), указанное в таблице 6.4.

6.1.4.4.2 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 интерполяции.

6.1.4.4.3 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 коэффициенты (k_n), указанные в таблице 6.7.

Таблица 6.7

Высота сечения, м	0,5 и менее	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2 и более
Коэффициент k_n	1,0	0,96	0,93	0,90	0,85	0,80

6.1.4.4.4 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 коэффициенты (k_s), указанные в таблице 6.8.

Таблица 6.8

Толщина слоя, мм	19 и менее	26	33	42
Коэффициент k_s	1,1	1,05	1,0	0,95

6.1.4.4.5 Для гнутых элементов конструкций значения расчетных сопротивлений растяжению ($f_{t,0,d}$), сжатию ($f_{c,0,d}$) и изгибу ($f_{m,d}$) — на коэффициенты (k_r), указанные в таблице 6.9.

Таблица 6.9

Напряженное состояние	Обозначение расчетных сопротивлений	Коэффициент (k_r) при отношении (r/b)			
		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; b — толщина доски или бруска в радиальном направлении.					

6.1.4.4.6 Для растянутых элементов с ослаблением в расчетном сечении и изгибаемых элементов из круглых лесоматериалов с подрезкой в расчетном сечении — на коэффициент $k_o = 0,8$.

6.1.4.4.7 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 второй группы следует принимать равным: вдоль волокон $E_0 = 10000$ 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 первой группы (расчет на устойчивость и прочность по деформированной схеме) необходимо применять вероятные минимальные модули упругости и модули сдвига с обеспеченностью не ниже 0,99, которые определяются из выражения

$$E_{0,nom} = 300 f_{c,0,d}, \quad E_{v,nom} = 120 f_{v,0,d}, \quad (6.1)$$

где $f_{c,0,d}$ и $f_{v,0,d}$ — расчетные сопротивления древесины соответственно сжатию и скалыванию вдоль волокон.

6.1.5.3 Модули упругости и сдвига древесины в зависимости от условий эксплуатации и классов длительности нагружения необходимо умножать на значения коэффициента (k_{mod}) (таблица 6.4), а для конструкций, подвергающихся воздействию повышенной температуры, на значения коэффициента (k_t) в соответствии с требованиями 6.1.4.4.2.

Коэффициенты поперечных деформаций древесины

6.1.5.4 Коэффициент Пуассона древесины поперек волокон при напряжениях, направленных вдоль волокон, следует принимать равным $\mu_{90,0} = 0,5$, а вдоль волокон при напряжениях, направленных поперек волокон $\mu_{0,90} = 0,02$.

Коэффициенты температурного расширения

6.1.5.5 Коэффициент линейного теплового расширения древесины следует принимать:

- вдоль волокон $k_{\alpha,0} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- поперек волокон $k_{\alpha,90} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Коэффициенты усушки и разбухания древесины

6.1.5.6 Для расчета влажностных деформаций древесины в поперечном направлении необходимо использовать коэффициенты усушки (k_{-a}) и разбухания (k_{+a}), приведенные в таблице 6.10.

Таблица 6.10 — Коэффициенты усушки (k_{-a}) и разбухания (k_{+a}) древесины сосны

Коэффициент усушки (разбухания) %/% влажности			
Коэффициент	по радиальному направлению	по тангенциальному направлению	по объему
k_{-a}	0,197	0,29	0,47
k_{+a}	0,210	0,32	0,55

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

6.2 Фанера

6.2.1 Требования

6.2.1.1 Для клееных фанерных конструкций следует применять фанеру марки ФСФ по ГОСТ 3916, а также фанеру бакелизованную марки ФБС по ГОСТ 11539.

6.2.1.2 Допускается в качестве элементов деревянных конструкций применение фанерных труб.

6.2.2 Расчетные сопротивления фанеры

6.2.2.1 Расчетные сопротивления фанеры приведены в таблице 6.11.

Таблица 6.11 — Расчетные сопротивления фанеры

В мегапаскалях

Вид фанеры	Расчетные сопротивления
------------	-------------------------

	растяжению в плоскости листа ($f_{pt,0,d}$)	сжатую в плоскости листа ($f_{pc,0,d}$)	изгибу из плоско- сти листа ($f_{pm,90,d}$)	скальванию в плоскости листа ($f_{pv,0,d}$)	срезом перпен- дикулярно плоскости ли- ста ($f_{pv,90,d}$)
1 Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов В/ВВ, В/С, ВВ/С а) семислойная толщиной 8 мм и более: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам б) пятислойная толщиной 5—7 мм: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам	14,0 9,0 4,5 14,0 6,0 4,0	12,0 8,5 7,0 13,0 7,0 6,0	16,0 6,5 — 18,0 3,0 —	0,8 0,8 0,8 0,8 0,8 0,8	6,0 6,0 9,0 5,0 6,0 9,0
2 Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов В/ВВ и ВВ/С 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
3 Фанера бакелизованная марки ФБС толщиной 7 мм и более: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам	32,0 24,0 16,5	28,0 23,0 21,0	33,0 25,0 —	1,8 1,8 1,8	11,0 12,0 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 значения расчетных сопротивлений строительной фанеры следует умножать на коэффициенты (k_{mod}) (таблица 6.4), а также на (k_t) и (k_s) (требования 6.1.4.4.2 и 6.1.4.4.7).

6.2.3 Модули упругости и сдвига фанеры

6.2.3.1 Величины модулей упругости строительной фанеры в плоскости листа (E_p), модулей сдвига (E_{pv}) и коэффициенты Пуассона (μ_p) при расчете по второй группе предельных состояний следует принимать по таблице 6.12.

6.2.3.2 В зависимости от условий эксплуатации модули упругости и модули сдвига фанеры следует определять умножением приведенных в таблице 6.12 величин (E_p) и (E_{pv}) на коэффициенты (k_{mod}) (таблица 6.4) и (k_t), 6.1.4.4.2.

Таблица 6.12

Виды фанеры	Модуль упругости (E_p), МПа	Модуль сдвига (E_{pv}), МПа	Коэффициент Пуассона (μ_p)
1 Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов В/ВВ, В/С, ВВ/С семислойная и пятислойная: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам	9000 6000 2500	750 750 3000	0,085 0,065 0,600

Виды фанеры	Модуль упругости (E_p), МПа	Модуль сдвига (E_{pv}), МПа	Коэффициент Пуассона (μ_p)
2 Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов В/ВВ и ВВ/С семислойная: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам	7000	800	0,07
	5500	800	0,06
	2000	2200	0,60
3 Фанера бакелизированная марки ФБС: вдоль волокон наружных слоев поперек волокон наружных слоев под углом 45° к волокнам	12000	1000	0,085
	8500	1000	0,065
	3500	4000	0,700

6.3 Требования к клеям

6.3.1 Для изготовления деревянных клееных конструкций должны применяться клеи, способные образовывать соединения такой прочности и долговечности, чтобы целостность связи сохранялась в течение предполагаемого 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 трое суток после склеивания не менее 6,5 МПа.

6.3.3 В зависимости от склеиваемых элементов и условий эксплуатации клеи подразделяются на группы, устанавливаемые в соответствии с таблицей 6.13.

Таблица 6.13

Материалы 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

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

6.3.5 Рекомендуемые для изготовления элементов деревянных клееных конструкций марки клеев приведены в приложении В.

7 Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям первой группы

7.1 Основные требования

7.1.1 Общие положения

7.1.1.1 Раздел применяется для расчета элементов из цельной и клееной древесины.

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

— полное соблюдение моделирования анизотропных свойств древесины;

21

— для сжатых и сжато-изгибаемых элементов с гибкостью $\lambda \geq 35$ расчет необходимо вести по деформированной схеме;

— проверку напряжений необходимо производить для наиболее опасных участков. При этом должны соблюдаться следующие условия:

$$\sigma_{i,\alpha,d} \leq k_1 f_{i,\alpha,d}, \quad (7.1)$$

$$\tau_{\alpha,d} \leq k_1 f_{c,\alpha,d}, \quad (7.2)$$

где $\sigma_{i,\alpha,d}$ — усредненное расчетное напряжение, действующее перпендикулярно проверяемому сечению, расположенному под углом (α) к волокнам древесины;

$\tau_{\alpha,d}$ — усредненное расчетное напряжение, действующее касательно проверяемому сечению.

$$f_{i,\alpha,d} = \frac{f_{i,0,d}}{\frac{f_{i,0,d}}{f_{i,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}, \quad (7.3)$$

где $f_{i,0,d}$, $f_{i,90,d}$ — расчетные сопротивления древесины, соответствующие напряженному состоянию;
 k_1 — коэффициент, учитывающий концентрацию местных напряжений на проверяемом участке.

Коэффициент (k_1) допускается определять из условия

$$k_1 = \begin{cases} 1 & \text{для } A \geq 0,01 \text{ м}^2 \\ 1,5 - 50A & \text{для } A < 0,01 \text{ м}^2 \end{cases}, \quad (7.4)$$

$$(7.5)$$

где A — площадь участка, на котором проверяются усредненные расчетные напряжения.

7.1.1.2 Допускается проектирование деревянных элементов на основании испытаний, проведенных в соответствии с нормативными требованиями.

7.1.2 Растяжение вдоль волокон

7.1.2.1 Должны быть выполнены следующие условия:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}, \quad (7.6)$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_d / A_{\text{inf}}, \quad (7.7)$$

где N_d — расчетная осевая сила;

A_{inf} — площадь поперечного сечения элемента нетто.

7.1.2.2 Ослабления сечения, расположенные на участке длиной до 0,2 м, принимают совмещенными в одном сечении.

7.1.3 Растяжение поперек волокон

Для равномерно напряженного объема (V) должны соблюдаться условия:

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \text{ — для цельной древесины}, \quad (7.8)$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_2 f_{t,90,d} \text{ — для клееной древесины}, \quad (7.9)$$

где $k_2 = 0,8$ учитывает снижение прочности клееного шва поперек волокон.

7.1.4 Сжатие вдоль волокон

7.1.4.1 Должно быть выполнено следующее условие

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}, \quad (7.10)$$

где $\sigma_{c,0,d}$ — по формуле (7.7).

7.1.4.2 Для элементов с гибкостью $\lambda \geq 35$ следует также провести проверку на устойчивость

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d}, \quad (7.11)$$

где $\sigma_{c,0,d} = N_d/A_d$, (7.12)

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

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

k_c — коэффициент продольного изгиба, определяемый в зависимости от гибкости элемента.

$$k_c = 1 - \frac{\lambda^2}{2\lambda_{rel}^2} \text{ при } \lambda \leq \lambda_{rel}; \quad (7.13)$$

$$k_c = \frac{\lambda_{rel}^2}{2\lambda^2} \text{ при } \lambda > \lambda_{rel}; \quad (7.14)$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E_{0,nom}}{f_{c,0,k}}}; \quad (7.15)$$

$$\lambda = \max \begin{cases} \lambda_y \\ \lambda_z \end{cases},$$

где λ_y и λ_z — соответствуют прогибу в направлении осей (y) и (z) (изгиб относительно осей (y) и (z)).

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

$$\lambda = \frac{l_d}{i}, \quad (7.16)$$

где l_d — расчетная длина элемента;

i — радиус инерции сечения элемента в направлении соответствующей оси.

7.1.4.4 Расчетную длину элемента (l_d) следует определять умножением его свободной длины (l) на коэффициент (μ_0), учитывающий закрепление элемента и нагрузку, действующую на элемент

$$l_d = \mu_0 l. \quad (7.17)$$

Коэффициент (μ_0) следует принимать по таблице 7.1.

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

а) при проверке устойчивости в плоскости конструкции — расстоянию от центра узла до точки пересечения элементов;

б) при проверке устойчивости из плоскости конструкции:

— в случае пересечения двух сжатых элементов — полной длине элемента;

— в случае пересечения сжатого элемента с неработающим — величине (l_1), умноженной на коэффициент (μ_0):

$$\mu_0 = \frac{1}{\left(1 + \frac{l_1}{l_2} \left(\frac{\lambda_1^2 A_2}{\lambda_2^2 A_1} \right)\right)^{1/2}}, \quad (7.18)$$

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

Таблица 7.1

Продольная нагрузка	Условия закрепления	μ_0
Продольная сила, приложенная по концам	Два шарнирных конца	1
	Один шарнирный и второй защемленный конец	0,8
	Один защемленный и второй свободный конец	2,2
	Два защемленных конца	0,65
Нагрузка, распределенная равномерно по длине элемента	Два шарнирных конца	0,73
	Один защемленный и второй свободный конец	1,2

7.1.4.6 Гибкость элементов переменного сечения (λ) следует определять с учетом отношения соответствующей жесткости эквивалентного стержня к жесткости стержня в расчетном сечении.

7.1.4.7 Гибкость составных элементов следует определять с учетом требований, изложенных в 7.2.2.1—7.2.2.3.

7.1.4.8 Гибкость элементов и их отдельных ветвей в деревянных конструкциях не должна превышать значений, указанных в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Наименование элементов конструкций	Предельная гибкость (λ_{\max})
Сжатые пояса, опорные раскосы и опорные стойки ферм, колонны	120
Прочие сжатые элементы ферм и других сквозных конструкций	150
Сжатые элементы связей	200
Растянутые пояса ферм в вертикальной плоскости	150
Прочие растянутые элементы ферм и других сквозных конструкций	200

7.1.5 Сжатие под углом к волокнам

7.1.5.1 При сжатии поперек волокон должно соблюдаться условие

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d}, \quad (7.19)$$

где $k_{c,90}$ — (см. таблицу 7.3) учитывает, что нагрузка может быть увеличена, если она распределяется на небольшом участке длиной (l) (рисунок 7.1, местное сжатие поперек волокон).

7.1.5.2 Напряжения сжатия под углом к направлению волокон (α) (см. рисунок 7.2) должны удовлетворять следующему условию

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}. \quad (7.20)$$

Таблица 7.3 — Значения $k_{c,90}$

В метрах

Длина участка (l)	$l_1 \leq 0,15$	$l_1 > 0,15$	
		$a \geq 0,10$	$a < 0,10$
$l \geq 0,15$	1	1	1
$0,015 < l < 0,15$	1	$1 + 0,8 \frac{0,15 - l}{13,5}$	$1 + 0,8 \frac{a(0,15 - l)}{13,5}$
$0,015 \geq l$	1	1,8	1

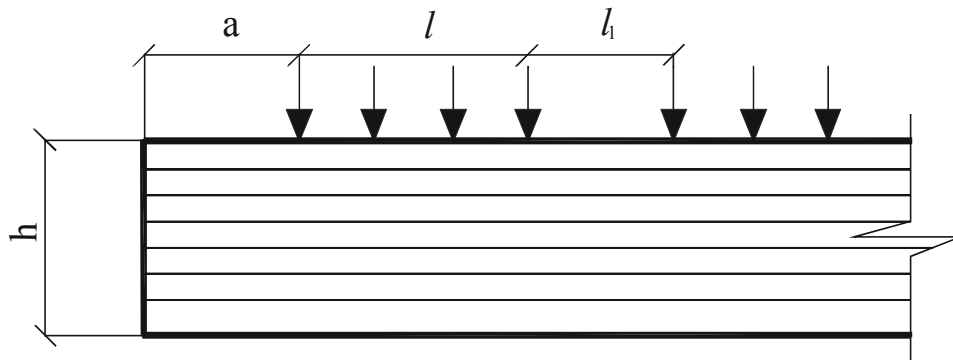


Рисунок 7.1 — Сжатие поперек волокон

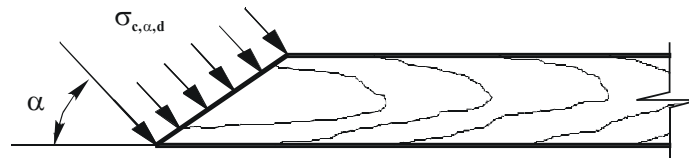


Рисунок 7.2 — Напряжения сжатия под углом к волокнам

7.1.6 Изгиб

7.1.6.1 При изгибе должно удовлетворяться следующее условие

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \tag{7.21}$$

где $f_{m,y,d}$ и $f_{m,z,d}$ — соответствующие значения расчетных сопротивлений изгибу;
 $\sigma_{m,y,d}$ и $\sigma_{m,z,d}$ — расчетные напряжения изгиба относительно заданной оси, как показано на рисунке 7.3, определяемые по формуле

$$\sigma_{m,i,d} = M_{i,d} / W_{i,d}, \tag{7.22}$$

где $M_{i,d}$ — расчетный изгибающий момент относительно соответствующей оси;
 $W_{i,d}$ — расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента относительно соответствующей оси и принимаемый для цельных элементов $W_{i,d} = W_{i,inf}$. При определении ($W_{i,inf}$) ослабления сечений, расположенные на участке элемента до 0,2 м, принимать совмещенными в одном сечении.

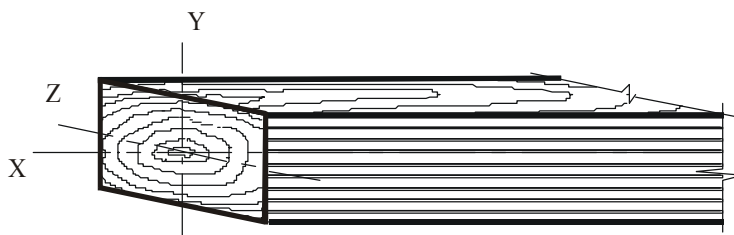


Рисунок 7.3 — Оси балки

7.1.6.2 Для изгибаемых элементов, не имеющих постоянного подкрепления сжатой кромки из плоскости изгиба, следует также провести проверку на устойчивость плоской формы деформирования

$$\sigma_{m,d} \leq k_{inst} f_{m,d}, \quad (7.23)$$

где k_{inst} — коэффициент устойчивости изгибаемого элемента.

7.1.6.3 Для изгибаемых элементов прямоугольного постоянного сечения, шарнирно закрепленных от смещения из плоскости изгиба и закрепленных от поворота вокруг продольной оси в опорных сечениях, (k_{inst}) определяется по формуле

$$k_{inst} = 140 \frac{b^2}{l_m h} k_f, \quad (7.24)$$

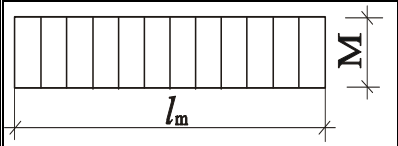
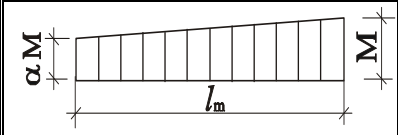
где l_m — расстояние между опорными сечениями элемента, а при закреплении сжатой кромки элемента в промежуточных точках от смещения из плоскости изгиба — расстояние между этими точками;

b — ширина поперечного сечения;

h — максимальная высота поперечного сечения на участке (l_m);

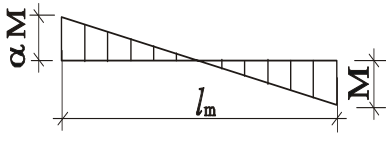
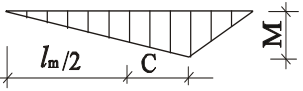
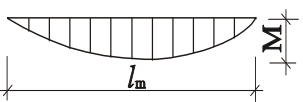
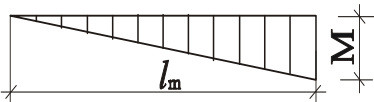
k_f — коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке (l_m), определяемый по таблице 7.4.

Таблица 7.4 — Значения коэффициента (k_f)

Форма эпюры моментов	При свободной растянутой кромке	При закрепленной растянутой кромке
	1	1
	$1,75 - 0,75\alpha$ при $0 < \alpha \leq 1$	$3/(2 + \alpha)$ при $0 < \alpha \leq 1$

Окончание таблицы 7.4

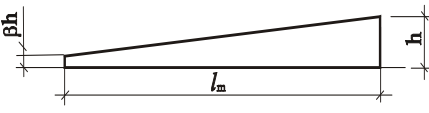
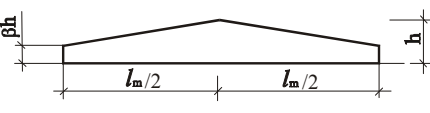
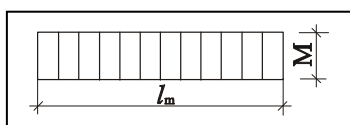
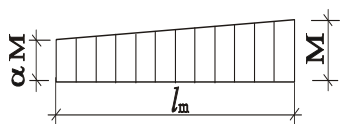
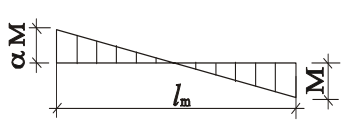
Форма эпюры моментов	При свободной растянутой кромке	При закрепленной растянутой кромке

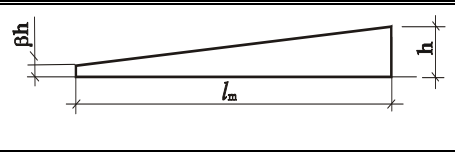
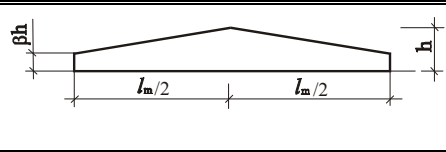
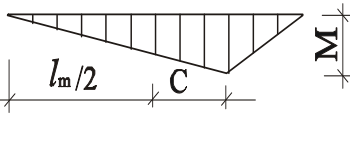
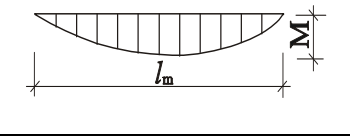
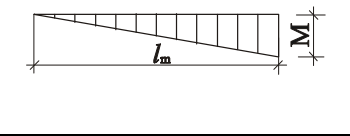
	$2 - (0,5 + \alpha)^2$ при $-1 \leq \alpha \leq 0$	$3/(2 + \alpha)$ при $-2 \leq \alpha \leq 0$
	$1,35 + 1,45 (c/l_m)^2$	$1,35 + 0,3 (c/l_m)^2$
	1,13	1,13
	2,54	2,32

7.1.6.4 При проверке устойчивости изгибаемых элементов с линейно меняющейся по длине высотой и постоянной шириной, не имеющих закреплений из плоскости по растянутой кромке, коэффициент (k_{inst}) следует умножить на дополнительный коэффициент ($k_{g,m}$), принимаемый по таблице 7.5.

7.1.6.5 При наличии в элементе на участке (l_m) закреплений из плоскости деформирования со стороны растянутой кромки коэффициент (k_{inst}), определенный по формуле (7.24), следует умножить на коэффициент ($k_{r,c}$), определяемый по формуле (7.39).

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

Форма эпюры моментов		
	$\beta^{1/2}$	$\beta^{1/2}$
	$\beta^{1/(3-\alpha)}$	$\beta^{1/2}$
	$\beta^{1/(3-\alpha)}$	$\beta^{1/2}$

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

7.1.7 Сдвиг

Общие требования

7.1.7.1 При сдвиге должно соблюдаться следующее условие

$$\tau_{v,0,d} \leq f_{v,0,d}, \quad (7.25)$$

где

$$\tau_{v,0,d} = \frac{V_d S_{sup}}{I_{sup} b_d}, \quad (7.26)$$

где V_d — расчетная поперечная сила;

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

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

b_d — расчетная ширина сечения элемента;

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

Балки с подрезками

7.1.7.2 Для балок с подрезками на опорах (рисунок 7.4а) скалывающие напряжения должны определяться с учетом расчетной (уменьшенной) высоты (h_0) по формуле

$$\tau_{v,0,d} = 1,5V_d/bh_0 \leq f_{v,0,d}. \quad (7.27)$$

7.1.7.3 При расчете балок с цельной древесины допускается подрезка глубиной $a \leq 0,25h$ на нагруженной кромке (в растянутой зоне изгибаемых элементов (рисунок 7.4б) при условии

$$V_d/(bh) < 0,4 \text{ МПа}, \quad (7.28)$$

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

V_d — опорная реакция от расчетной нагрузки.

Длина опорной площадки подрезки (c) должна быть не более высоты сечения (h), а длина скошенной подрезки (c_1) — не менее двух глубин (рисунок 7.4б).

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A_{sup} . \quad (7.33)$$

7.1.9.3 В случаях, когда в шарнирно-опертых элементах эпюра изгибающих моментов имеет треугольное или прямоугольное очертание, коэффициент ($k_{m,c}$), определяемый по формуле (7.32), следует умножать на поправочный коэффициент (k_e), определяемый по формуле

$$k_e = \alpha + k_{m,c}(1 - \alpha), \quad (7.34)$$

где α — коэффициент, который следует принимать равным 1,22 при эпюре треугольного очертания, и 0,81 — при эпюре прямоугольного очертания.

7.1.9.4 При значениях расчетных напряжений $\sigma_{m,y,d} < 0,1\sigma_{c,0,d}$ и $\sigma_{m,z,d} < 0,1\sigma_{c,0,d}$ следует дополнительно выполнить проверку на устойчивость по формуле (7.11) без учета напряжений от изгиба.

7.1.9.5 Расчет на устойчивость плоской формы деформирования сжато-изгибаемых элементов следует выполнять по формуле

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_e f_{c,0,d}} + \left[\frac{\sigma_{m,d}}{k_{inst} k_{m,c} f_{m,d}} \right]^n \leq 1, \quad (7.35)$$

где n — показатель степени, учитывающий раскрепление растянутой кромки из плоскости: $n = 2$ для элементов без раскрепления растянутой кромки и $n = 1$ для элементов, имеющих такое раскрепление;

k_e — коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле (7.13) для участка длиной (l_m) между закреплениями;

k_{inst} — коэффициент, определяемый по формуле (7.24);

$k_{m,c}$ — коэффициент, определяемый по формуле (7.32);

$\sigma_{c,0,d}$ — расчетное сжимающее напряжение, определяемое по формуле

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A_{sup,max}, \quad (7.36)$$

$A_{sup,max}$ — площадь брутто с максимальными размерами сечения элемента на участке (l_m);

$\sigma_{m,d}$ — расчетное напряжение от изгиба, определяемое по формуле

$$\sigma_{m,d} = M_{max}/W_{sup,max} , \quad (7.37)$$

M_{max} — максимальный изгибающий момент на рассматриваемом участке (l_m);

$W_{sup,max}$ — максимальный момент сопротивления брутто на рассматриваемом участке (l_m).

7.1.9.6 При наличии в элементе на участке (l_m) закреплений из плоскости деформирования со стороны растянутой кромки коэффициент (k_e) следует дополнительно умножать на коэффициент ($k_{r,m}$), а коэффициент (k_{inst}), соответственно, на коэффициент ($k_{r,c}$).

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

$$k_{r,m} = 1 + \left[0,75 + 0,06 \left(\frac{l_m}{h} \right)^2 + 0,6\alpha \frac{l_m}{h} - 1 \right] \frac{m^2}{m^2 + 1}, \quad (7.38)$$

$$k_{r,c} = 1 + \left[0,142 \frac{l_m}{h} + 1,76 \frac{h}{l_m} + 1,4\alpha - 1 \right] \frac{m^2}{m^2 + 1}, \quad (7.39)$$

30

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

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

7.1.9.7 При проверке устойчивости элементов с линейно меняющейся по длине высотой и постоянной шириной, не имеющих закрепления растянутой кромки, коэффициент (k_c) следует определять с учетом требований 7.1.4.2, а коэффициент (k_{inst}) — с учетом требований 7.1.6.3.

7.2 Колонны, стойки и балки

7.2.1 Колонны и стойки

7.2.1.1 К стойкам следует относить сжатые элементы ферм и связей.

7.2.1.2 При расчете в дополнение к напряжению от любой боковой нагрузки должны учитываться изгибающие напряжения из-за начального выгиба, эксцентриситета и вызванные прогибом.

7.2.1.3 При центральной сжатии расчетное напряжение сжатия должно удовлетворять условиям 7.1.4.1 и 7.1.4.2.

7.2.1.4 В других случаях кроме оговоренных в 7.2.1.3 напряжения должны удовлетворять условиям 7.1.8 и 7.1.9.5.

7.2.2 Составные и клееные колонны и стойки

7.2.2.1 Следует учитывать деформации, вызванные податливостью соединений, сдвигом и изгибом накладок, вставок, ветвей и полок, а также осевыми усилиями в решетке.

При отсутствии более точного расчета гибкость составных элементов, изображенных на рисунке 7.5, допускается определять по формуле

$$\lambda = \sqrt{(k_\lambda \lambda_z)^2 + \lambda_1^2}, \quad (7.40)$$

где λ_z — гибкость всего элемента относительно оси (z), определенная без учета податливости при расчетной длине (l_d);

λ_1 — гибкость отдельной ветви относительно собственной оси, вычисленная по расчетной длине (l_1). При $l_1 < h_1$, $\lambda_1 = 0$;

k_λ — коэффициент приведения гибкости, определяемый по формуле

$$k_\lambda = \sqrt{1 + k_k \frac{10000bhn_1}{l_d^2 n_2}}, \quad (7.41)$$

где b и h — геометрические размеры сечения, принимаемые в соответствии с рисунком 7.5;

n_1 — количество швов в поперечном сечении, по которым суммируется взаимный сдвиг;

n_2 — расчетное среднее количество срезов в одном шве, приведенное к 1 м элемента;

k_k — коэффициент податливости соединений, определяемый по таблице 7.6.

Таблица 7.6 — Значения коэффициента (k_k)

Вид связей	Силовое воздействие	
	Центральное сжатие	Сжатие с изгибом
1 Гвозди	$1/10d^2$	$1/5d^2$
2 Стальные цилиндрические нагели:		
при $d \leq t / 7$	$1/5 d^2$	$1/2,5 d^2$
при $d > t / 7$	$1,5 / t d$	$3 / t d$
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 (t) следует принимать в мм.

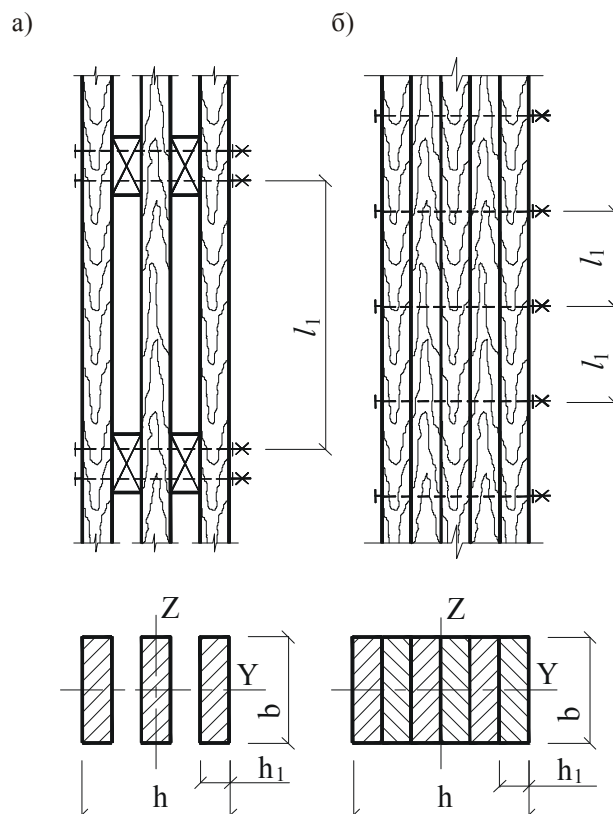


Рисунок 7.5 — Составные колонны:
а — с прокладками;
б — без прокладок

7.2.2.2 При определении коэффициента (k_k) следует руководствоваться следующими правилами:

- диаметр гвоздей (d) следует принимать не более $0,1t$;
- если размер защемленных концов менее $4d$, то срезы в примыкающих к ним швах в расчете не учитывают;
- в соединениях на стальных цилиндрических нагелях следует учитывать толщину (t) 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.

7.2.2.3 Гибкость составного элемента, вычисленную по формуле (7.40), следует принимать не более гибкости отдельных ветвей, определяемой по формуле

$$\lambda = \frac{l_d}{\sqrt{\sum I_{i,\text{sup}}/A_{\text{sup}}}}, \quad (7.42)$$

где $\sum I_{i,\text{sup}}$ — сумма моментов инерции брутто поперечных сечений отдельных ветвей относительно собственных осей, параллельных оси (z) (рисунок 7.5);

A_{sup} — площадь сечения брутто элемента;

l_d — расчетная длина элемента.

Если ветви составного элемента имеют различное сечение, то расчетную гибкость ветви в формуле (7.43) следует принимать равной

$$\lambda = \frac{l_1}{\sqrt{\sum I_{i,\text{sup}}/A_{\text{sup}}}}, \quad (7.43)$$

где определение (l_1) приведено на рисунке 7.5.

7.2.3 Балки

7.2.3.1 При расчете в дополнение к напряжению от любой боковой нагрузки должны учитываться изгибающие напряжения из-за начального выгиба, эксцентриситета и вызванные прогибом.

7.2.3.2 Расчетное напряжение от изгиба должно удовлетворять условиям 7.1.6.1 и 7.1.6.2, а от скалывания — 7.1.7.1.

7.2.3.3 Для составных балок на податливых соединениях, при определении напряжений ($\sigma_{m,i,d}$) по формуле (7.22), расчетный момент сопротивления следует принимать равным моменту сопротивления нетто (W_{inf}), умноженному на коэффициент (k_w). Значения коэффициента (k_w) приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 — Значения коэффициента (k_w)

В метрах

Число слоев в элементе	Пролет			
	2	4	6	9 и более
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

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

7.2.4 Односкатные балки

7.2.4.1 Следует учитывать влияние ската на изгибающие напряжения параллельно поверхности.

7.2.4.2 В случае, когда волокна древесины параллельны одной из поверхностей балки и угол ската $\alpha \leq 10^\circ$ (рисунок 7.6), изгибающие напряжения в крайних волокнах, параллельных поверхности, должны определяться по формуле

$$\sigma_{m,d} = (1 + 4 \tan^2 \alpha) \frac{6M_d}{bh^2}, \quad (7.44)$$

а на скатной поверхности — по формуле

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \tan^2 \alpha) \frac{6M_d}{bh^2}. \quad (7.45)$$

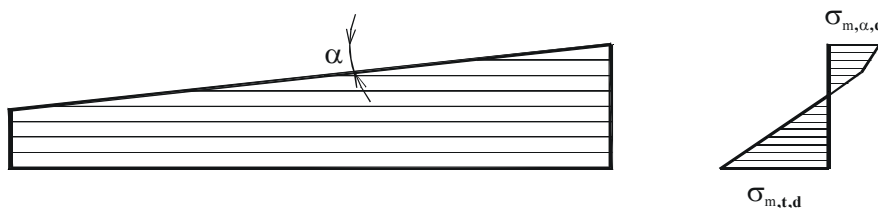


Рисунок 7.6 — Односкатная балка

7.2.4.3 В крайних волокнах кромок ската напряжения должны удовлетворять следующему условию

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq f_{m,\alpha,d}, \quad (7.46)$$

где

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (7.47)$$

для случая растягивающих напряжений параллельно скатной поверхности и

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (7.48)$$

для случая сжимающих напряжений параллельно скатной поверхности.

7.3 Изделия и конструкции

7.3.1 Клееные балки с плоскими фанерными стенками, плиты и панели с клееными фанерными обшивками

7.3.1.1 Пояса клееных балок с плоской фанерной стенкой следует выполнять из вертикально поставленных 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.

7.3.1.2 Расчет следует вести по методу приведенного поперечного сечения исходя из предположения о линейном изменении напряжений по высоте элемента.

7.3.1.3 Осевые напряжения в полках балки (рисунок 7.7) должны удовлетворять условиям:

$$\sigma_{f,c,d} \leq k_c f_{c,0,d}, \quad (7.49)$$

$$\sigma_{f,t,d} \leq f_{t,0,d}, \quad (7.50)$$

где $\sigma_{f,c,d}$, $\sigma_{f,t,d}$ — сжимающее и растягивающее напряжения в полках балки;

$f_{c,0,d}$, $f_{t,0,d}$ — соответственно расчетное сопротивление сжатию и растяжению древесины;

k_c — коэффициент продольного изгиба.

7.3.1.4 Скалывающие напряжения ($\tau_{w,d}$) в стенке балки на уровне ее нейтральной оси и скалывающие напряжения ($\tau_{w,f,d}$) в швах между поясами и стенкой балки должны удовлетворять условиям:

$$\tau_{w,d} \leq f_{pv,90,d}, \quad (7.51)$$

$$\tau_{w,f,d} \leq f_{pv,0,d}, \quad (7.52)$$

где $f_{pv,90,d}$ — расчетное сопротивление фанеры срезу перпендикулярно плоскости листа;

$f_{pv,0,d}$ — расчетное сопротивление фанеры скалыванию в плоскости листа.

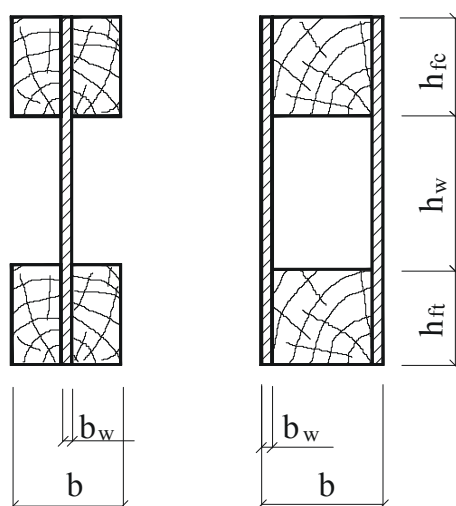


Рисунок 7.7 — Поперечные сечения клефанерных балок с плоской фанерной стенкой двутаврового и коробчатого сечений

7.3.1.5 Напряжения сжатия и растяжения в полках балки определяются соответственно по формуле

$$\sigma_{f,c,d} = M_d / W_d, \quad (7.53)$$

где W_d — приведенный момент сопротивления поперечного сечения;
 M_d — расчетный изгибающий момент.

7.3.1.6 Скалывающие напряжения ($\tau_{w,d}$) в стенке балки на уровне ее нейтральной оси определяются по формуле

$$\tau_{w,d} = (V_d S_{sd}) / (I_d b_d), \quad (7.54)$$

где V_d — расчетная поперечная сила;
 S_{sd} — статический момент сдвигаемой части приведенного сечения относительно нейтральной оси;
 b_d — расчетная ширина сечения:

$$b_d = \sum b_w, \quad (7.55)$$

$\sum b_w$ — суммарная толщина стенок.

7.3.1.7 Скалывающие напряжения ($\tau_{w,f,d}$) в швах между поясами и стенкой балки определяются по формуле (7.52) с расчетной шириной сечения, равной

$$b_d = n h_f, \quad (7.56)$$

где h_f — высота поясов;
 n — число вертикальных швов.

7.3.1.8 Прочность стенки в опасном сечении на действие главных растягивающих напряжений в балках двутаврового и коробчатого сечений следует проверять по формуле

$$\frac{\sigma_w}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_w}{2}\right)^2 + \tau_w^2} \leq f_{pt,\alpha}, \quad (7.57)$$

где $f_{pt,\alpha}$ — расчетное сопротивление фанеры растяжению под углом (α), определяемое по графику рисунка Г.1 приложения Г;

σ_w — нормальное напряжение в стенке от изгиба на уровне внутренней кромки поясов;

τ_w — касательное напряжение в стенке на уровне внутренней кромки поясов;

α — угол, определяемый из зависимости:

$$\tan 2\alpha = \frac{2\tau_w}{\sigma_w}. \quad (7.58)$$

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

$$h_w / b_w > 50, \quad (7.59)$$

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

Расчет следует производить по формуле

$$\frac{\sigma_w}{k_i \left(\frac{100b_w}{h_w} \right)^2} + \frac{\tau_w}{k_\tau \left(\frac{100b_w}{h_w} \right)^2} \leq 1, \quad (7.60)$$

где k_i и k_τ — коэффициенты, определяемые по графикам рисунков Г.2 и Г.3 приложения Г;

h_w — расчетная высота сечения 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 устойчивости следует производить по формуле (7.60) на действие только касательных напряжений в тех случаях, когда

$$h_w/b_w > 80. \quad (7.61)$$

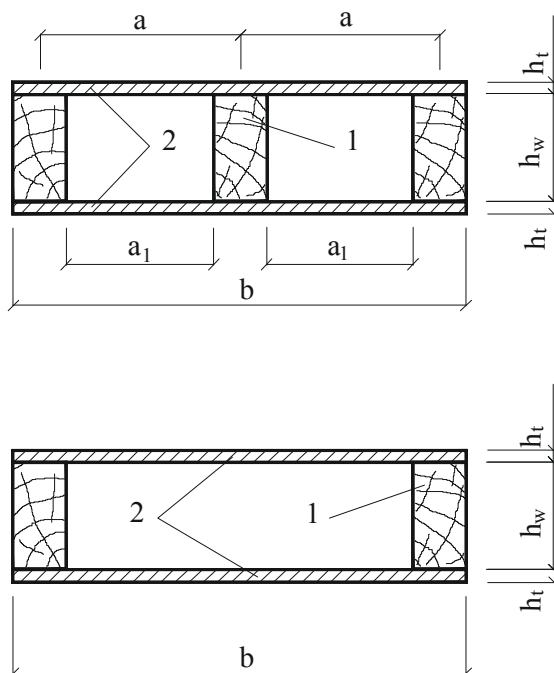
7.3.1.9 Напряжения в растянутой фанерной обшивке плит (рисунок 7.8) и панелей должны удовлетворять условию

$$\sigma_{f,t,d} \leq k_p f_{pt,0,d}, \quad (7.62)$$

где $f_{pt,0,d}$ — расчетное сопротивление фанеры растяжению;

k_p — коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления в стыках фанерной обшивки, принимаемый равным при усовом соединении или с двусторонними накладками: $k_p = 0,6$ для фанеры обычной и $k_p = 0,8$ для фанеры бакелизированной. При отсутствии стыков $k_p = 1$;

$\sigma_{f,t,d}$ — расчетные растягивающие напряжения в обшивке плит и панелей.



1 — продольные ребра; 2 — обшивки

Рисунок 7.8 — Поперечное сечение клееных плит из фанеры и древесины

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

7.3.1.11 Напряжения в сжатой обшивке плит и панелей должны удовлетворять условию

$$\sigma_{f,c,d} \leq k_{pf} f_{pc,0,d}, \quad (7.63)$$

$$\text{где } k_{pf} = 1250 / (a_1/h_t)^2 \text{ при } a_1/h_t \geq 50; \quad (7.64)$$

$$k_{pf} = 1 - (a_1/h_t)^2/5000 \text{ при } a_1/h_t < 50, \quad (7.65)$$

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

7.3.1.12 Верхняя обшивка плит должна быть дополнительно проверена на местный изгиб от сосредоточенной нагрузки 1 кН с коэффициентом надежности, равным 1,2, как пластинка, заделанная в местах приклеивания к ребрам.

7.3.1.13 Ребра и обшивки по шву в месте соединения с ребрами каркаса плит и панелей должны удовлетворять условиям:

$$\tau_{w,d} \leq f_{v,0,d}, \quad (7.66)$$

$$\tau_{f,d} \leq f_{pv,0,d}, \quad (7.67)$$

где $\tau_{w,d}$, $\tau_{f,d}$ — соответственно скалывающие напряжения в ребрах каркаса и обшивке по шву в месте примыкания ее к ребрам, определяемые по формуле (7.54);

$f_{v,0,d}$, $f_{pv,0,d}$ — расчетное сопротивление скалыванию древесины вдоль волокон и фанеры вдоль волокон наружных слоев.

7.3.2 Балки составного сечения

7.3.2.1 Если поперечное сечение конструктивного элемента состоит из нескольких частей, соединенных металлическими крепежными элементами, следует рассмотреть влияние податливости соединений.

Расчет следует производить, предполагая линейную зависимость между силой и сдвигом в соединении.

Если шаг крепежных элементов в продольном направлении постоянный, то на участке эпюры сдвигающих усилий между S_{min} и $S_{max} \leq 4S_{min}$ можно использовать расчетное значение (S_{ef}), которое определяется по формуле

$$S_{ef} = 0,75S_{min} + 0,25S_{max}. \quad (7.68)$$

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

7.3.3 Плоские рамы

7.3.3.1 Расчет следует вести по деформированной схеме с учетом напряжений, возникающих из-за геометрических и конструктивных несовершенств и отклонений геометрической оси от упругого центра поперечного сечения.

Это можно сделать с помощью линейной теории второго порядка на основе следующих предположений:

— несовершенная форма конструкции соответствует начальной деформации, приближенно равной деформации, которую можно найти с помощью угла наклона (φ) к конструкции или к соответствующему

элементу, а также начальной кривой выгиба между узловыми точками конструкции, соответствующей максимальному эксцентриситету (e);

— (φ) следует принять равным, как минимум:

$$\varphi = 0,005, \quad \text{для } H \leq 5 \text{ м}; \quad (7.69)$$

$$\varphi = 0,005 \leq \sqrt{5/H}, \quad \text{для } H > 5 \text{ м}, \quad (7.70)$$

где H — высота конструкции или длина элемента, м;

— (е) следует принимать равным как минимум:

$$e = 0,003 l. \quad (7.71)$$

Прогиб следует рассчитывать при

$$E = E_0 \frac{f_{m,d}}{f_{m,k}}. \quad (7.72)$$

Примеры предполагаемых начальных прогибов рамы приведены на рисунке 7.9.

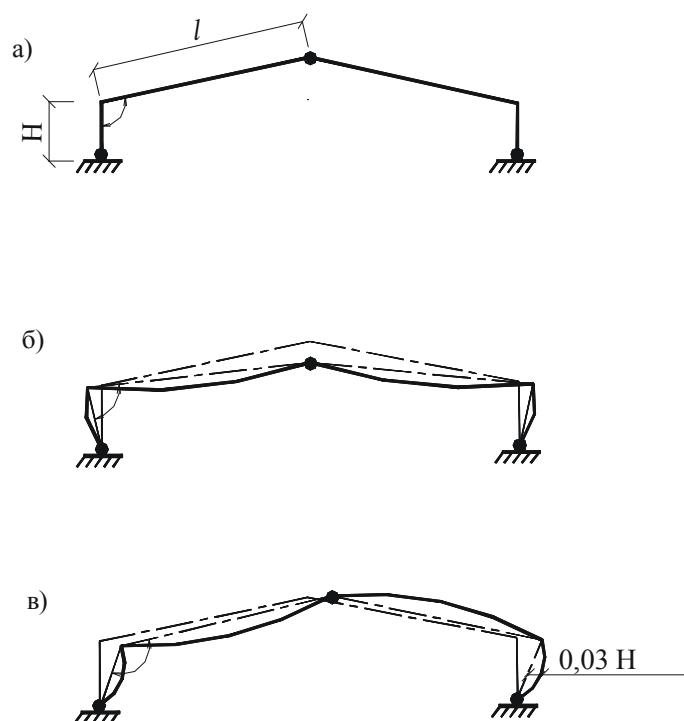


Рисунок 7.9 — Примеры предполагаемых начальных прогибов рамы:

- а** — схема трехшарнирной рамы;
- б** — при симметричной нагрузке;
- в** — при несимметричной нагрузке

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

7.3.3.3 Устойчивость плоской формы деформирования трехшарнирных рам, закрепленных по внешнему контуру, допускается проверять по формуле (7.35). При этом для гнукотклееных рам и рам из прямолинейных элементов с углом между осями стойки и ригеля меньше 130° расчетную длину ригеля и стойки следует принимать равной длинам их внешних подкрепленных кромок.

38

7.3.3.4 На криволинейных участках гнукотклееных рам при отношении $h/t \geq 1/7$ (см. рисунок 7.10) напряжения от изгиба следует определять с учетом нелинейного распределения по высоте сечения.

Допускается расчет по линейной теории с умножением напряжений ($\sigma_{m,y,d}$), ($\sigma_{m,z,d}$) в формуле (7.31) на следующие коэффициенты:

— на внутренней кромке

$$k_{r1} = \frac{1 - 0,17h/r}{1 - 0,5h/r}, \tag{7.73}$$

— на наружной кромке

$$k_{r2} = \frac{1 + 0,17h/r}{1 + 0,5h/r}. \tag{7.74}$$

При этом расстояние от центральной оси до нейтральной оси следует определять по формуле

$$z = \frac{h^2}{12r}. \tag{7.75}$$

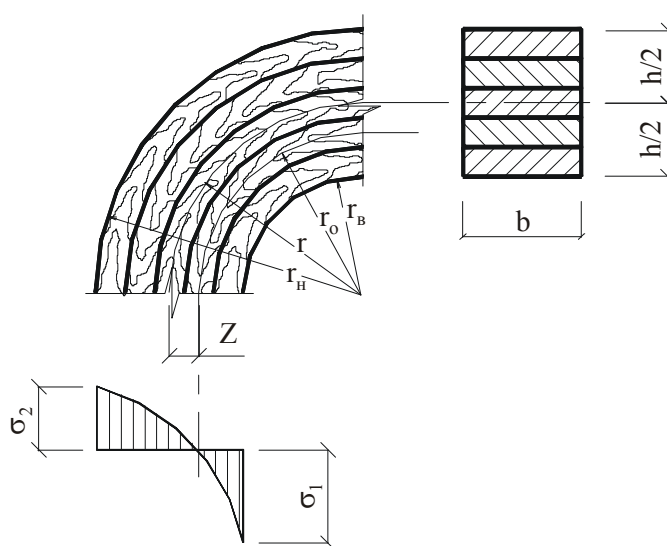


Рисунок 7.10 — Напряжения в криволинейной части рамы

7.3.4 Плоские арки и своды

7.3.4.1 При расчете арок и сводов распространяются требования 7.3.3.1—7.3.3.4.

7.3.4.2 Расчет арок и сводов на прочность и устойчивость в их плоскости следует выполнять по правилам расчета сжато-изгибаемых элементов с учетом дополнений, приведенных в 7.3.4.1—7.3.4.8.

7.3.4.3 В формуле (7.31) следует учитывать раздельное влияние симметричной и кососимметричной составляющих поперечной нагрузки.

При определении коэффициента ($k_{m,c}$) по формуле (7.32) напряжение ($\sigma_{c,0,d}$) определяется для суммарного (симметричная и кососимметричная составляющие) значения продольной силы, действующей в ключе.

7.3.4.4 Расчет арок на устойчивость плоской формы деформирования производится по формуле (7.35).

7.3.4.5 Расчетную длину следует принимать по таблице 7.10.

Таблица 7.10

Наименование расчета	Расчетная длина
----------------------	-----------------

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

7.3.4.6 В опорных и коньковых узлах при опирании полуарок на части торцов в металлических башмаках (рисунок 7.11) должно соблюдаться условие

$$\sigma_{cm,\alpha,d} \leq k_{\sigma 1} k_{\sigma 2} f_{c,\alpha,d}, \quad (7.76)$$

где $\sigma_{cm,\alpha,d}$ — расчетное напряжение смятия под углом к волокнам древесины под опорной плитой;
 $f_{c,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление смятию древесины под углом к волокнам, определяемое по формуле (7.20);
 $k_{\sigma 1}$ и $k_{\sigma 2}$ — коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения напряжений под плитой башмака.

7.3.4.7 Расчетное напряжение смятия под углом к волокнам древесины определяется по формуле

$$\sigma_{cm,\alpha,d} = F_{d,a}/A_d, \quad (7.77)$$

где $A_d = h_d b$ — площадь опорной площадки торца полуарки (рисунок 7.11);
 $F_{d,a}$ — расчетное усилие, действующее перпендикулярно торцу полуарки.

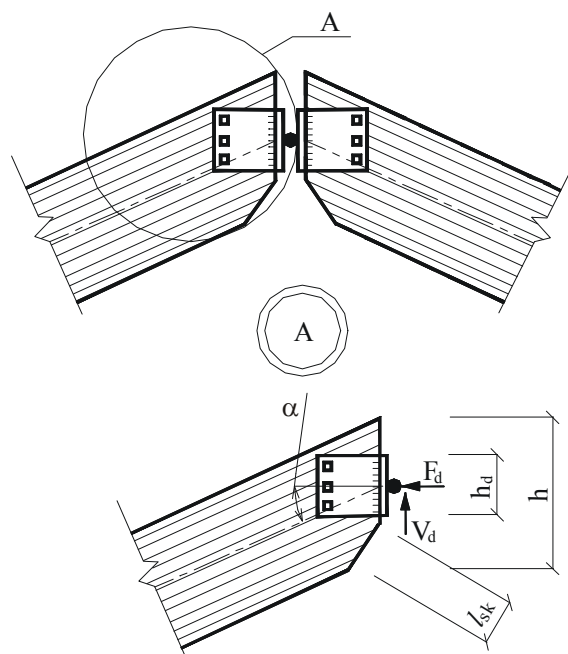


Рисунок 7.11 — Схема конькового узла полуарки

40

7.3.4.8 Коэффициенты ($k_{\sigma 1}$) и ($k_{\sigma 2}$) определяются по формулам:

$$k_{\sigma 1} = 0,348 - 0,064\beta_2 + 0,107\beta_2^2 - (0,322 + 0,056\beta_2 - 0,044\beta_2^2)\beta_1 + (0,242 - 0,031\beta_2 + 0,065\beta_2^2)\beta_1; \quad (7.78)$$

$$k_{\sigma 2} = 0,87 + 0,08\beta_3 - 0,27\beta_4 + 0,04\beta_1\beta_3 + 0,06\beta_2\beta_3\beta_4 - 0,08\beta_4^2, \quad (7.79)$$

$$\text{где } \beta_1 = (\alpha - 22,5^\circ)/22,5^\circ; \quad (7.80)$$

$$\beta_2 = (h_d/h - 0,5)/0,5; \quad (7.81)$$

$$\beta_3 = 2l_{sk}/3h_d - 1; \quad (7.82)$$

$$\beta_4 = 10V_{d,a} / F_{d,a} - 1; \quad (7.83)$$

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

7.4 Сборные конструкции

7.4.1 Фермы

Общие требования

7.4.1.1 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 в предположении шарнирных узлов.

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

7.4.1.3 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.

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

Фермы на металлических зубчатых пластинах (коннекторах)

7.4.1.5 Для ферм, собираемых на коннекторах, необходимо соблюдать дополнительные требования, приведенные в настоящем разделе.

7.4.1.6 Все стыки должны быть способны передавать усилие ($F_{r,d}$), действующее в любом направлении. ($F_{r,d}$), кН, следует рассматривать как кратковременную силу, действующую на древесину в классе влажности 2 с минимальной величиной

$$F_{r,d} = 1 + 0,1 l, \quad (7.84)$$

где l — длина фермы, м.

7.4.1.7 Перехлест коннектора и древесины должен быть не менее 50 мм.

7.4.1.8 Пластины в стыках поясов должны покрывать не менее 2/3 ширины древесины.

7.4.1.9 Все стыки между элементами фермы следует проектировать так, чтобы их несущая способность была больше усилий, возникающих во время транспортировки.

7.4.2 Настилы и прогоны

7.4.2.1 Настилы и обрешетки под кровлю следует рассчитывать как балки 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 коэффициентом надежности, равным 1,2 (расчет только на прочность).

7.4.2.2 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 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.

7.4.2.3 В консольно-балочных прогонах шарниры следует осуществлять в виде косоугольного прируба.

Передачу сосредоточенных нагрузок на несущие элементы конструкций следует осуществлять через их верхние грани.

41

7.4.3 Связи

7.4.3.1 Конструкции недостаточно жесткие следует связывать для предотвращения потери устойчивости или чрезмерных деформаций.

7.4.3.2 Следует учитывать напряжения, вызываемые геометрическими или конструктивными несовершенствами и возникшими прогибами (включая податливость любого соединения).

7.4.3.3 Усилия в связях следует определять на основе наиболее неблагоприятных комбинаций конструктивных несовершенств и возникших прогибов.

8 Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям второй 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 — пропорциональной действующему на соединение усилию.

Таблица 8.1

Вид соединения	Деформация соединения, мм
На лобовых врубках и торец в торец	1,5
На нагелях всех видов	2,0
В примыканиях поперек волокон	3,0
В клеевых соединениях	0,0

8.2 Предельные прогибы элементов зданий и сооружений не должны превышать величин, указанных в СНиП 2.01.07.

8.3 Прогиб изгибаемых элементов следует определять по моменту инерции поперечного сечения брутто.

Наибольший прогиб (u_{\max}) шарнирно-опертых и консольных изгибаемых элементов постоянного и переменного сечений следует определять по формуле

$$u_{\max} = u_0 / k_{h1} [1 + k_v (h_{\max} / l)^2], \quad (8.1)$$

где u_0 — прогиб балки постоянного сечения высотой (h) без учета деформаций сдвига;

h_{\max} — наибольшая высота сечения;

l — пролет балки;

k_{h1} — коэффициент, учитывающий влияние переменности высоты сечения, принимаемый равным 1 для балок постоянного сечения;

k_v — коэффициент, учитывающий влияние деформаций сдвига от поперечной силы.

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

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

$$u_{\text{sup}} = u_{\max} / k_{m,c}, \quad (8.2)$$

где u_{\max} — прогиб, определяемый по формуле (8.1);


$k_{m,c}$ — коэффициент, определяемый по формуле (7.32).

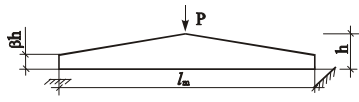
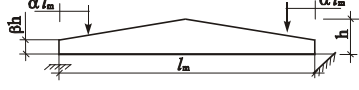
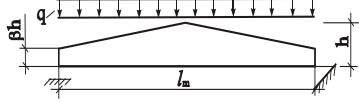
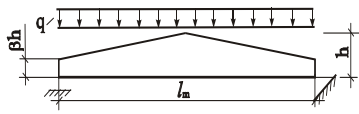
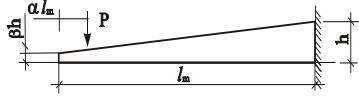
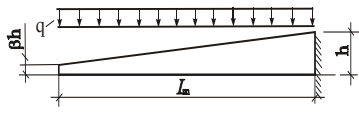
8.5 При наличии штукатурки прогиб элементов перекрытий только от длительной временной нагрузки не должен превышать 1/350 пролета.

8.6 Строительный подъем деревянных клееных балок не должен превышать 1/300 пролета.

42

Таблица 8.2 — Значения коэффициентов (k_v) и (k_{h1}) для вычисления прогибов балок с учетом переменности сечения и деформаций сдвига

Поперечное сечение балки	Расчетная схема	k_{h1}	k_v
Прямоугольное		β	0

“		$0,23 + 0,77\beta$	$16,4 + 7,6\beta$
“		$0,5\alpha + (1 - 0,5\alpha)\beta$	$[45 - 24\alpha(1 - \beta) + 3\beta] \times \times 1/(3 - 4\alpha^2)$
“		$0,15 + 0,85\beta$	$15,4 + 3,8\beta$
Двуглавовое		$0,4 + 0,6\beta$	$(45,3 - 6,9\beta)\gamma$
Прямоугольное		$0,23 + 0,77\beta + \alpha(1 - \beta)$	$[8,2 + 2,4(1 - \beta)\alpha + 3,8\beta] \times \times 1/(2 + \alpha)(1 - \alpha)$
“		$0,35 + 0,65\beta$	$5,4 + 2,6\beta$
Примечание — γ — отношение площади поясов к площади стенки двуглавовой балки (высота стенки принимается между центрами тяжести поясов).			

9 Соединения

9.1 Общие положения

9.1.1 Несущая способность и показатели деформативности крепежных элементов должны определяться на основе испытаний, проводимых в соответствии с действующими стандартами.

9.1.2 Следует учитывать, что несущая способность многосрезного соединения обычно меньше, чем суммарная несущая способность отдельных срезов.

9.1.3 Если нагрузку на соединение воспринимают нагели не одного, а нескольких типов, то следует учесть различия в жесткости. Клей и механические крепежные элементы имеют различную жесткость и, таким образом, нельзя предполагать, что они будут работать совместно.

9.1.4 Если на соединение действует пульсирующая нагрузка, длительная или средней длительности, несущая способность соединения должна быть снижена.

43

9.1.5 При нагрузках, изменяющихся от растяжения (F_t) до сжатия (F_c), расчет крепежных соединений 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.

9.1.6 Размещение соединений и размеры крепежных элементов, промежутки и расстояния от торцов или кромок элементов нужно выбирать так, чтобы достичь требуемой несущей способности.

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

9.2 Клеевые соединения

9.2.1 Клеевые соединения в деревянных конструкциях допускается применять при соблюдении технологического регламента (подготовка склеиваемой поверхности, марка клея, температура и давление при запрессовке, время склеивания) на выполнение клеевых соединений и требований стандартов.

9.2.2 При расчете конструкций клеевые соединения следует рассматривать как неподатливые соединения.

9.2.3 В клееных элементах из фанеры с древесиной не следует применять доски шириной более 100 мм при склеивании их с фанерой и более 150 мм в примыканиях элементов под углом от 30° до 45°.

9.3 Соединения на врубках

9.3.1 Узловые соединения из брусьев и круглого леса на лобовых врубках следует выполнять с одним зубом (рисунок 9.1).

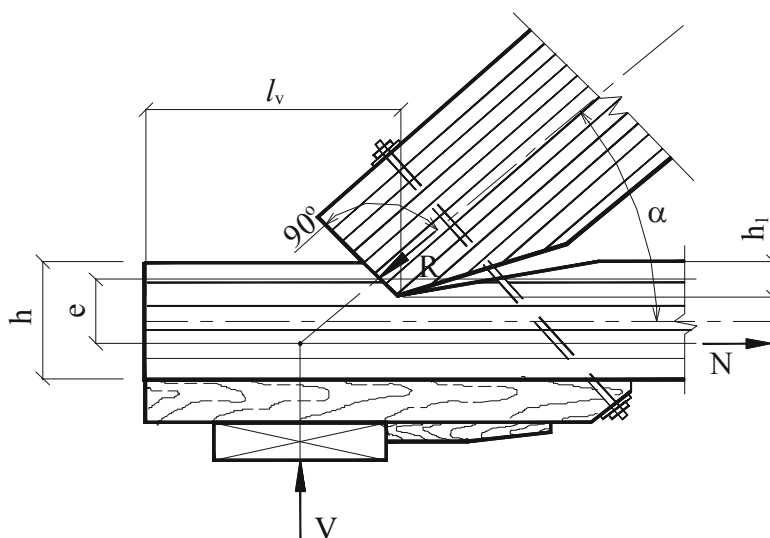


Рисунок 9.1 — Соединения на врубках

9.3.2 Рабочая плоскость смятия во врубках должна располагаться перпендикулярно равнодействующей осевой и поперечной сил (при соединении элементов, не испытывающих поперечного изгиба, перпендикулярно оси примыкающего сжатого элемента).

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

9.3.4 Расчетную несущую способность соединения на смятие следует определять по следующей формуле

$$R_{c,d} = f_{c,\alpha,d} A_c, \quad (9.1)$$

где A_c — рабочая плоскость смятия, определяемая по формуле

$$A_c = bh_1 / \cos \alpha; \quad (9.2)$$

b — ширина сминаемого участка;

h_1 — глубина врубки;

$f_{c,\alpha,d}$ — расчетное сопротивление смятию древесины под углом к волокнам, определяемое по формуле (7.3).

44

9.3.5 Расчетную несущую способность соединения на скалывание следует определять по следующей формуле

$$R_{v,d} = f_{v,\text{mod},d} A_v, \quad (9.3)$$

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

$$f_{v,\text{mod},d} = \frac{f_{v,d}}{1 + \beta(l_v/e)}, \quad (9.4)$$

где $f_{v,0,d}$ — расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон;
 β — коэффициент, равный 0,25. При обеспечении обжатия площадки скалывания $\beta = 0,125$;
 e — плечо сил скалывания, принимаемое равным $0,5h$;
 h — 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

$$A_v = b l_v . \quad (9.5)$$

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

9.4 Соединения нагельного типа

9.4.1 Несущая способность соединений нагельного типа

Соединения древесины с древесиной и древесными плитами

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

$$R_d = R_{1d,min} n_n n_s, \quad (9.6)$$

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

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.

9.4.1.2 Расчетную несущую способность одного среза в односрезных и симметричных двухсрезных соединениях, описанных в разделе 9, следует принимать как наименьшее значение из найденных по приведенным ниже формулам:

$$R_{1d} = \min \begin{cases} f_{h,1,d} t_1 d k_\alpha & (9.7) \\ f_{h,2,d} t_2 d k_\alpha & (9.8) \\ f_{n,d} d^2 (1 + \beta_n) \sqrt{k_\alpha} & (9.9) \end{cases}$$

где $f_{h,1,d}$ и $f_{h,2,d}$ — расчетные сопротивления смятию древесины в глухом нагельном гнезде для односрезных и симметричных соединений;

$f_{n,d}$ — расчетное сопротивление изгибу нагеля;

t_1 — толщина крайних элементов в симметричных соединениях или более тонких элементов в односрезных соединениях;

45

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 смятию древесины ($f_{h,1,d}$) для наружных элементов симметричных соединений и более тонких элементов односрезных соединений следует принимать по таблице 9.1.

9.4.1.4 Расчетное значение сопротивления смятию древесины ($f_{h,2,d}$) для средних элементов симметричных соединений и более толстых элементов односрезных соединений следует принимать по таблице 9.2.

9.4.1.5 В двухсрезных несимметричных соединениях (рисунок 9.2) несущую способность необходимо определять с учетом следующего:

— расчетное значение сопротивления смятию ($f_{h,d}$) среднего элемента 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 смятию ($f_{h,d}$) крайнего элемента следует принимать равным 3,5 МПа. При $t_2 \leq t_1$ — по таблице 9.1, как для более тонких элементов односрезных соединений.

Таблица 9.1

В мегапаскалях

Вид соединения	Для гвоздей, стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей ($f_{h,1,d}$)	Для дубовых цилиндрических нагелей ($f_{h,2,d}$)
Смятие в односрезных соединениях: а) при $t_1 \leq 0,35t_2$ б) при $t_1 > 0,35t_2$ в зависимости от отношения t_1 / t_2 :	8,00	5,0
0,35	8,00	5,0
0,50	5,80	5,0
0,60	4,80	4,4
0,70	4,30	3,8
0,80	3,90	3,2
0,90	3,70	2,6
1,00	0,35	0,2
Смятие в симметричных соединениях	8,00	2,0

Таблица 9.2

В мегапаскалях

Вид соединения	Для гвоздей, стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей ($f_{h,2,d}$)	Для дубовых цилиндрических нагелей ($f_{h,2,d}$)
Смятие в односрезных соединениях: при $t_1 \leq 0,5t_2$ при $t_1 > 0,5t_2$	2,5 3,5	1,4 2,0
Смятие в симметричных соединениях	5,0	3,0

Примечание — В таблицах 9.1 и 9.2 расчетное сопротивление древесины смятию приведено для сосны и ели для нормальных условий эксплуатации. Для соединения элементов из древесины других пород или для других условий эксплуатации следует учитывать соответствующие коэффициенты (k_{mod}), (k_x) и (k_t) раздела 6.

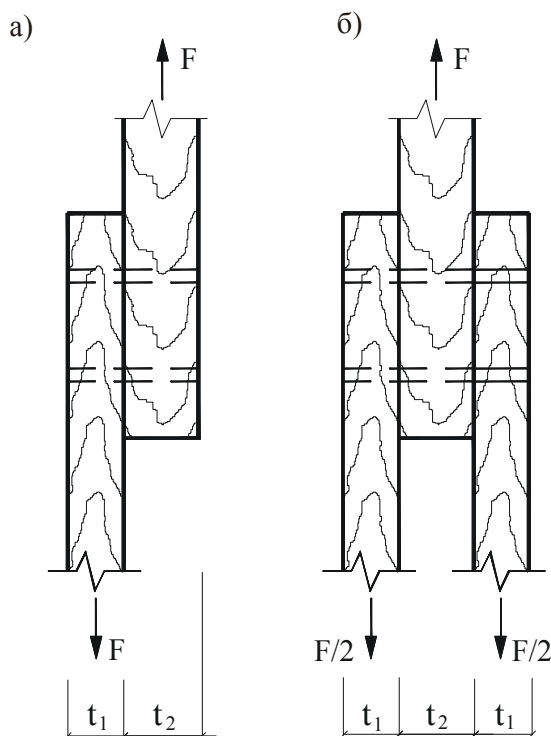


Рисунок 9.2 — Нагельные соединения древесины с древесиной:
а — односрезное соединение;
б — симметричное соединение

9.4.1.6 Расчетное сопротивление древесины смятию ($f_{h,d}$) следует определять из испытаний, если оно не установлено в настоящем разделе.

9.4.1.7 Расчетное сопротивление изгибу нагеля ($f_{n,d}$) следует определять из испытаний, если оно не установлено ниже в разделе 9.

9.4.1.8 Коэффициент (β_n) определяется по формуле

$$\beta_n = k_n \frac{t_1}{d}, \quad (9.10)$$

где k_n — коэффициент, зависящий от типа нагеля, приводится в разделе 9.

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

9.4.1.10 Значение коэффициента (β_n), определенного по формуле (9.10), не должно превышать значения ($\beta_{n,max}$), приведенного в разделе 9.

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

9.4.1.12 Коэффициент (k_{α}), учитывающий угол между усилием и направлением волокон древесины, следует принимать по таблице 9.3.

9.4.1.13 При расчете несущей способности более толстых элементов односрезных соединений, работающих на смятие под углом по формуле (9.8), коэффициент (k_{α}) следует умножать на дополнительный коэффициент 0,9 при $t_2 < 1,5t_1$ и на 0,75 — при $t_2 \geq 1,5t_1$.

Угол, град.	Для гвоздей и 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.

Соединения древесины со стальными пластинами

9.4.1.14 Расчетную несущую способность односрезного нагеля и одного среза нагеля в двухсрезных соединениях со стальной пластиной посередине (рисунок 9.3) следует принимать равной наименьшему значению из полученных по формулам:

$$R_{1,d} = \min \begin{cases} f_{h,1,d} t_1 d k_{\alpha} & (9.11) \\ f_{n,d} d^2 (1 + \beta_{n,max}) \sqrt{k_{\alpha}} & (9.12) \end{cases}$$

где $\beta_{n,max}$ — максимальное значение коэффициента, зависящего от отношения толщины более тонкого элемента к диаметру нагеля, принимаемое в зависимости от типа нагеля.

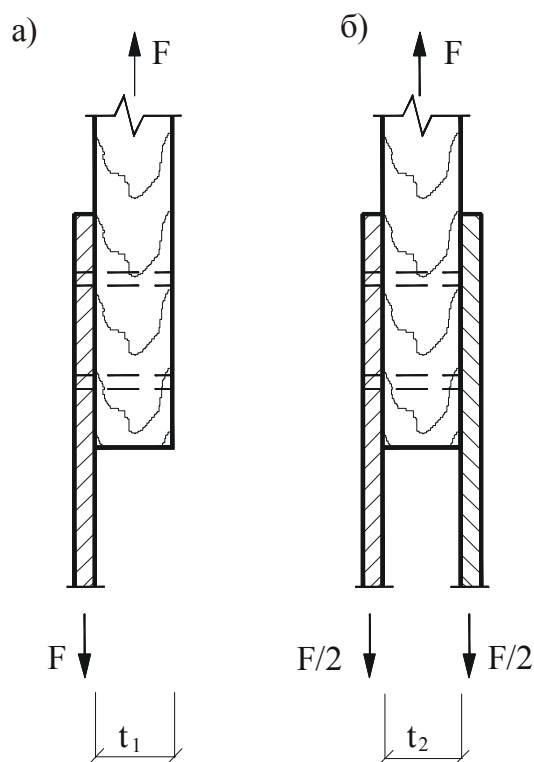


Рисунок 9.3 — Нагельное соединение металлических пластин с древесиной:
а — односрезное соединение;
б — симметричное соединение

Расчетную несущую способность одного среза нагеля в двухсрезном соединении с обоими внешними элементами из стали следует принимать равной меньшему значению из полученных по формулам:

$$R_{1,d} = \min \begin{cases} f_{n,1,d} t_2 d k_\alpha & (9.13) \\ f_{n,d} d^2 (1 + \beta_{n,max}) \sqrt{k_\alpha} & (9.14) \end{cases}$$

Обозначения приведены на рисунке 9.3.

9.4.1.15 Следует проверить прочность стальной пластины в соответствии с требованиями СНиП II-23.

Многосрезные соединения

9.4.1.16 Наименьшую несущую способность многосрезного соединения следует определять в виде суммы несущих способностей каждого среза, как если бы он был частью соединения из трех элементов.

9.4.2 Поперечно нагруженные гвозди

9.4.2.1 Применяются требования, изложенные в 9.4.1.1—9.4.1.16 при значениях (t_1) и (t_2), показанных на рисунке 9.4.

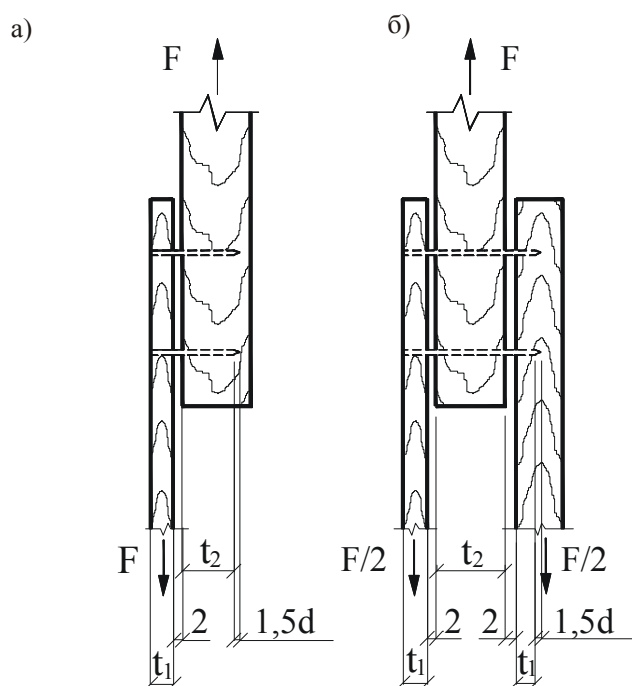


Рисунок 9.4 — Гвоздевые соединения древесины с древесиной:
а — односрезное соединение;
б — двухсрезное соединение

9.4.2.2 Для квадратных гвоздей следует принимать (d) равным размеру стороны поперечного сечения.

Гвоздевые соединения древесины с древесиной

9.4.2.3 Для обычных гвоздей из стальной проволоки расчетное значение расчетного сопротивления изгибу гвоздя ($f_{n,d}$) следует принимать равным 25 МПа, а значения коэффициентов (k_n)□ и ($\beta_{n,max}$) — соответственно равными 0,0632 и 0,7746.

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

9.4.2.5 При определении расчетной длины заземления 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.

Если расчетная длина заземления гвоздя получается меньше 4d, его работу в примыкающем к нему шве учитывать не следует.

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

9.4.2.7 Диаметр гвоздей следует принимать не более 0,25 толщины пробиваемых элементов.

9.4.2.8 В соединении должно быть не меньше двух гвоздей. Расстановка гвоздей приводится на рисунке 9.5.

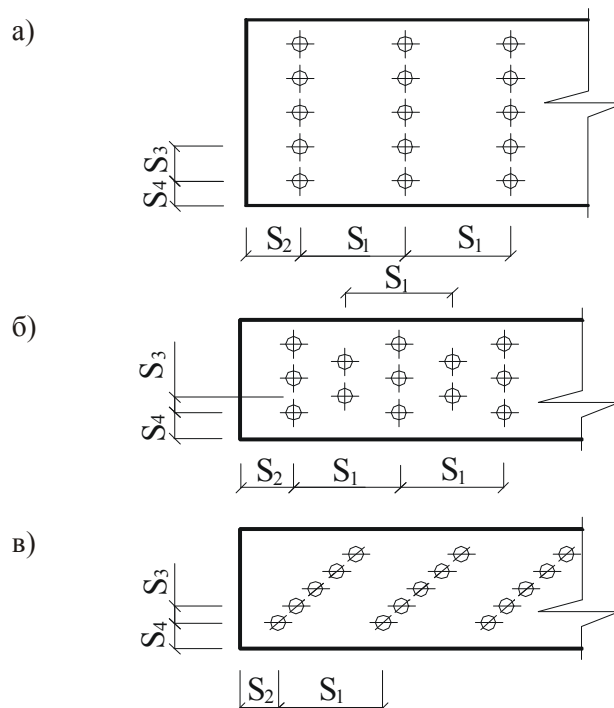


Рисунок 9.5 — Схемы расстановки гвоздей:

- а — нормальная;
- б — в шахматном порядке;
- в — косыми рядами

Гвоздевые соединения древесины с плитными материалами

9.4.2.9 Гвозди, забитые в торец, не способны передавать усилия. Если таковые используются во второстепенных конструкциях, например, для обрешетки, прибиваемой к стропилам, нормативное значение должно быть принято равным 1/3 значения при нормальной забивке.

9.4.2.10 Промежутки и расстояния между осями гвоздей не должны быть меньше приведенных в таблице 9.4.

Таблица 9.4 — Минимальные расстояния между гвоздями

Направление	Расстояние
Между осями гвоздей вдоль волокон S_1 для пробиваемых насквозь элементов:	
при толщине пробиваемого элемента не менее 10d	15d
при толщине пробиваемого элемента 4d	25d
для промежуточных значений по интерполяции	
для непробиваемых насквозь элементов	15d
До торца элемента вдоль волокон S_2	15d
Между осями гвоздей поперек волокон S_3 :	
при прямой расстановке	4d
при расстановке в шахматном порядке или косыми рядами под углом 45°	3d
До кромки элемента поперек волокон S_4	4d

50

9.4.2.11 Для элементов из осины, ольхи и тополя расстояние между гвоздями вдоль волокон следует увеличивать на 50 %.

9.4.2.12 Если $t_2 - l > 4d$ (рисунок 9.6), гвозди без предварительного сверления отверстий с двух сторон могут перехлестываться в среднем элементе.

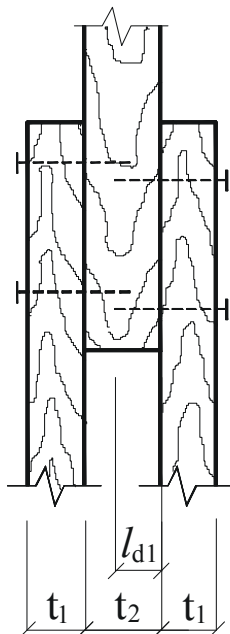


Рисунок 9.6 — Перехлест гвоздей

9.4.2.13 Для гвоздевых соединений древесины с плитными материалами применяются правила как для соединения древесины с древесиной.

9.4.2.14 Расчетные значения сопротивления смятию фанеры определяются в соответствии с требованиями 9.4.1.3—9.4.1.6 с умножением на коэффициент 1,3.

Для древесноволокнистых плит сопротивление смятию следует определять из испытаний.

9.4.2.15 Для фанеры минимальное расстояние между гвоздями следует принимать по таблице 9.4 с умножением на коэффициент 0,85.

9.4.2.16 Минимальное расстояние от ненагруженного края фанерного листа принимается равным $3d$, от нагруженного края — $3 + 4 \sin \alpha d$.

9.4.3 Гвозди, нагруженные по оси

9.4.3.1 Гладкие гвозди, нагруженные по оси, не следует использовать при длительной нагрузке.

9.4.3.2 Расчетную несущую способность гладких гвоздей на выдергивание следует определять по формуле

$$R_d = f_{v1,d} \pi d l_{d,1} , \quad (9.15)$$

где $f_{v1,d}$ — расчетное сопротивление единицы поверхности древесины выдергиванию, принимаемое равным 0,3 МПа для воздушно-сухой древесины и 0,1 МПа — для сырой древесины;

d — диаметр гвоздя;

$l_{d,1}$ — расчетная длина заземленной части гвоздя.

Длина заземленной части гвоздя ($l_{d,1}$) должна быть не менее двух толщин пробиваемого элемента и не менее $10d$.

9.4.3.3 При диаметре гвоздей более 5 мм в расчет вводят диаметр, равный 5 мм.

Гвозди, забитые в торец, обычно считаются неспособными передавать осевую нагрузку.

9.4.3.4 Промежутки и расстояния для гвоздей при осевой нагрузке должны быть те же, что и при поперечной. При наклонной забивке расстояние до нагруженной кромки должно быть $\geq 10d$ (рисунок 9.7).

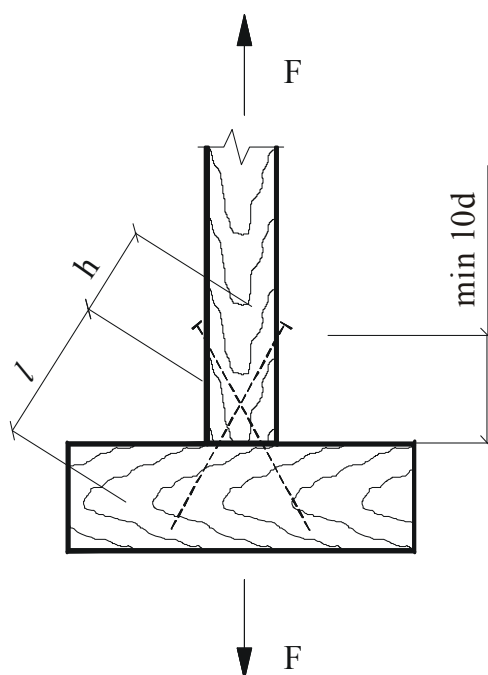


Рисунок 9.7 — Наклонная забивка гвоздей

9.4.3.5 Расчетную несущую способность гвоздей с нарезкой (витых гвоздей) на выдергивание следует определять по формуле

$$R_d = f_{v2,d} \pi d l_{d,1} \quad (9.16)$$

где $f_{v2,d}$ — расчетное сопротивление выдергиванию на единицу поверхности древесины, принимаемое равным 1 МПа;

d — диаметр гвоздя;

$l_{d,1}$ — расчетная длина заземленной части гвоздя.

9.4.3.6 Расстояние между осями гвоздей с нарезкой принимается равным:

— вдоль волокон между осями гвоздей и до торца элемента — $10d$;

— поперек волокон между осями гвоздей и до торца элемента — $5d$.

9.4.3.7 Расчетную несущую способность гвоздей на выдергивание, определенную по формулам (9.15) и (9.16) для соединения элементов из древесины пород, отличающихся от сосны и ели, или для условий эксплуатации, отличающейся от нормальной, следует умножать на соответствующие коэффициенты, приведенные в разделе 6.

9.4.4 Гвозди, работающие на сочетание поперечной и осевой нагрузок

В соединениях с сочетанием осевой (F_{ax}) и поперечной (F_{la}) нагрузок (рисунок 9.7) должны быть выполнены следующие условия:

— для гладких гвоздей

$$\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} + \frac{F_{la,d}}{R_{la,d}} \leq 1; \quad (9.17)$$

— для гвоздей с цилиндрической и спиральной нарезками

$$\left[\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right]^2 + \left[\frac{F_{la,d}}{R_{la,d}} \right]^2 \leq 1, \quad (9.18)$$

где R_{ax} и R_{la} — несущая способность соединения, нагруженного только осевой или только поперечной нагрузками.

9.4.5 Соединения на скобах

9.4.5.1 Для соединений на скобах применяются правила как для гвоздевых соединений.

9.4.5.2 Поперечную расчетную несущую способность следует рассматривать как эквивалентную несущей способности двух гвоздей с диаметром скобы при условии, что угол между острием и направлением волокон древесины больше 30°.

Если этот угол равен или меньше 30°, то расчетное значение несущей способности следует умножить на 0,7.

9.4.6 Поперечно нагруженные болты

Общие требования

9.4.6.1 При расчете соединений с поперечно нагруженными болтами следует руководствоваться требованиями, изложенными в 9.4.1.1—9.4.1.16.

Болтовые соединения древесины с древесиной

9.4.6.2 Для стальных болтов диаметром от 8 до 24 мм включительно расчетное значение сопротивления изгибу болта ($f_{n,d}$) принимается равным 18 МПа, а значения коэффициентов (k_n) и ($\beta_{n,max}$) — соответственно равными 0,1054 и 0,6236.

9.4.6.3 Если количество болтов в ряду по направлению действия нагрузки более 6, то несущую способность дополнительных болтов следует уменьшить на 1/3, т.е. для (n_n) болтов их расчетное количество равно

$$n_{e,f} = 6 + \frac{2(n_n - 6)}{3} \quad (9.19)$$

9.4.6.4 Минимальные расстояния между болтами должны приниматься по таблице 9.5. Обозначения приведены на рисунке 9.5.

Таблица 9.5 — Минимальные расстояния между болтами

Направление	Расстояние
При общей толщине пакета меньше 10d:	
вдоль волокон между осями болтов и до торца элемента S_1, S_2	6d
поперек волокон между осями болтов S_3	3d
поперек волокон до кромки элемента S_4	2,5d
При общей толщине пакета больше или равной 10d:	
вдоль волокон между осями болтов и до торца элемента S_1, S_2	7d
поперек волокон между осями болтов S_3	3,5d
поперек волокон до кромки элемента S_4	3d

Болтовые соединения плитных материалов с древесиной

9.4.6.5 Применяются требования как для соединения древесины с древесиной.

9.4.6.6 Расчетные значения сопротивлений смятию фанеры определяются в соответствии с требованиями 9.4.1.2—9.4.1.16 с умножением на коэффициент 1,3.

9.4.6.7 Для древесноволокнистых плит сопротивление смятию следует определять из испытаний.

Болтовые соединения металлических пластин с древесиной

9.4.6.8 При расчете болтовых соединений металлических пластин с древесиной применяются требования, изложенные в 9.4.6.1.

9.4.7 Болты, нагруженные по оси

9.4.7.1 Следует проверить прочность болта на растяжение и толщину шайбы.

9.4.7.2 Напряжение сжатия под шайбой не должно превышать $1,89 f_{c,90,d}$.

9.4.8 Нагельные соединения

Общие требования

9.4.8.1 При расчете нагельных соединений следует применять требования, изложенные в 9.4.1.1—9.4.1.16.

Стальные нагели

9.4.8.2 При расчете соединений на стальных нагелях следует применять требования как для поперечно нагруженных болтов.

Алюминиевые нагели

9.4.8.3 Для алюминиевых нагелей диаметром от 8 до 24 мм включительно расчетное значение сопротивления изгибу нагеля ($f_{n,d}$) принимается равным 16 МПа, а значения коэффициентов (k_n) и ($\beta_{n,max}$) соответственно 0,1118 и 0,6124.

9.4.8.4 Минимальные расстояния и промежутки между нагелями принимаются по таблице 9.6. Обозначения приведены на рисунке 9.5.

Таблица 9.6 — Минимальные расстояния между алюминиевыми и стеклопластиковыми нагелями

Направление	Расстояние
При общей толщине пакета меньше 10d: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1, S_2 поперек волокон между осями S_3 поперек волокон до кромки элемента S_4	6d 3d 2,5d
При общей толщине пакета больше или равной 10d: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1, S_2 поперек волокон между осями S_3 поперек волокон до кромки элемента S_4	6d 3,5d 3d

Стеклопластиковые нагели

9.4.8.5 Для стеклопластиковых нагелей диаметром от 8 до 24 мм включительно расчетное значение сопротивления изгибу нагеля ($f_{n,d}$) принимается равным 8 МПа, а значения коэффициентов (k_n) и ($\beta_{n,max}$) соответственно 0,1581 и 0,5.

9.4.8.6 Минимальные расстояния и промежутки между нагелями должны приниматься по таблице 9.6, как для алюминиевых нагелей.

Дубовые нагели

9.4.8.7 Для дубовых нагелей расчетное значение сопротивления изгибу нагеля ($f_{n,d}$) принимается равным 4,5 МПа, а значения коэффициентов (k_n) и ($\beta_{n,max}$) соответственно 0,2108 и 0,6667.

9.4.8.8 Минимальные расстояния и промежутки между нагелями принимаются по таблице 9.7. Обозначения приведены на рисунке 9.5.

Таблица 9.7 — Минимальные расстояния между дубовыми нагелями

Направление	Расстояние
При общей толщине пакета меньше 10d: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1, S_2 поперек волокон между осями S_3 поперек волокон до кромки элемента S_4	4d 2,5d 2,5d
При общей толщине пакета больше или равной 10d: вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1, S_2 поперек волокон между осями S_3 поперек волокон до кромки элемента S_4	5d 3d 2,5d

9.5 Соединения на шурупах**9.5.1 Поперечно нагруженные шурупы**

9.5.1.1 Для шурупов с диаметром менее 8 мм применяются требования, изложенные в 9.4.2.1 — 9.4.2.15, а диаметром 8 мм или более — в соответствии с требованиями 9.4.6.1—9.4.7.2.

В формулах (d) — это диаметр шурупа, измеренный в его гладкой части.

Предполагается, что:

- шурупы завинчиваются в предварительно просверленные отверстия;
- длина гладкой части шурупа больше толщины элемента под его головкой;
- длина гладкой части шурупа в элементе, принимающем острие, составляет не менее 2d.

54

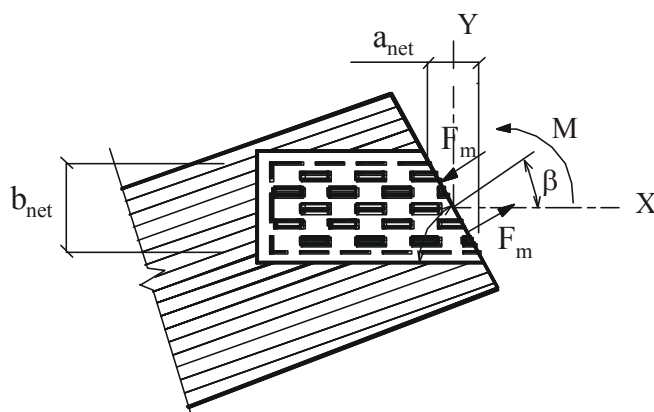
9.5.1.2 Защемление шурупа (т.е. длина его в элементе, принимающем острие) должно быть как минимум 4d.

9.6 Соединения на металлических зубчатых пластинах (коннекторах)**9.6.1 Общие требования**

Все ниже приведенные правила относятся только к пластинам с двумя ортогональными направлениями.

9.6.2 Геометрия пластины

Пластина должна соответствовать геометрии, приведенной на рисунке 9.8.



x — главное направление пластины; y — главное направление пластины;
 β — угол между осью (x) и линией соединения древесины;
 a_{net} и b_{net} — длина соединения и ширина пластины соответственно с учетом снижения способности зубьев к сцеплению по периметру и допуска при изготовлении соединений.

Рисунок 9.8 — Геометрические параметры зубчатой пластины, нагруженной силой (F_m) и изгибающим моментом (M)

9.6.3 Прочностные характеристики пластины

9.6.3.1 Пластина должна иметь установленные характеристики, определенные методами испытаний, для следующих нормируемых свойств:

- $f_{a,0,d}$ — расчетное сопротивление сцеплению единицы площади при $\alpha \leq 0$;
- $f_{t,x,d}$, $f_{t,y,d}$ — расчетное сопротивление растяжению единицы ширины пластины в направлениях (x) и (y) соответственно;
- $f_{c,x,d}$, $f_{c,y,d}$ — расчетное сопротивление сжатию единицы ширины пластины в направлениях (x) и (y) соответственно;
- $f_{v,x,d}$, $f_{v,y,d}$ — расчетное сопротивление срезу единицы ширины пластины в направлениях (x) и (y) соответственно;
- c — постоянная, зависящая от типа пластины.

9.6.3.2 Для расчетных сопротивлений пластины растяжению, сжатию и срезу значение (k_{mod}) следует принимать равным 1.

9.6.4 Проверка прочности соединения

Способность пластины к сцеплению

9.6.4.1 Напряжения сцепления (τ_F) и (τ_M) должны рассчитываться по формулам:

$$\tau_F = \frac{F_A}{A_{\text{ef}}}, \quad (9.20)$$

$$\tau_M = \frac{M_A r_{\text{max}}}{I_\rho}, \quad (9.21)$$

55

где F_A , M_A — сила и момент, соответственно, действующие на пластину в центре рабочей площади;
 I_ρ — полярный момент инерции расчетной площади;
 r_{max} — расстояние от центра тяжести до самой удаленной точки расчетной площади.

Для снижения величины (F_A) при сжатии можно учесть контактное давление между деревянными элементами, если средняя величина зазора между ними не превышает 1 мм, а максимальная — 2 мм. В этих случаях соединение рассчитывается на восприятие минимальной силы сжатия $F_A/2$.

9.6.4.2 Должны удовлетворяться следующие условия:

$$\tau_{F,d} \leq (1 - c \sin \gamma) f_{a,0,d}, \quad (9.22)$$

$$\tau_{M,d} \leq 2 (1 - c) f_{a,0,d}, \quad (9.23)$$

$$\tau_{F,d} + \tau_{M,d} \leq 1,5 f_{a,0,d}, \quad (9.24)$$

где $\gamma \leq 90^\circ$, c величиной, полученной из условия

$$\gamma = \max \begin{cases} \alpha \\ \text{угол между силой и направлением волокон} \end{cases}.$$

Если сила действует вдоль волокон, то формулу (9.22) следует заменить на

$$\tau_F = \max \begin{cases} f_{a,0,d} + k_{n1} \alpha & \text{при } \alpha \leq \alpha_0 \\ f_{a,0,d} + k_{n1} \alpha - k_{n2} (\alpha - \alpha_0) & \text{при } \alpha_0 < \alpha \leq 90^\circ \end{cases} \quad (9.25)$$

$$(9.26)$$

Постоянные (k_{n1}), (k_{n2}) и угол (α_0) определяются из испытаний.

Несущая способность пластины

9.6.4.3 Для соединений с одним прямым стыком усилия в двух главных направлениях определяются из нижеследующих формул:

$$F_x = F \cos \alpha \pm 2 F_M \sin \beta, \quad (9.27)$$

$$F_y = F \sin \alpha \pm 2 F_M \cos \beta, \quad (9.28)$$

где F — усилие в соединении;

F_M — усилие от момента (M) в соединении;

r_{\max} — расстояние от центра тяжести до самой удаленной точки расчетной площади.

Знак «плюс» указывает, что усилие является растягивающим, знак «минус» — сжимающим.

9.6.4.4 Усилия должны удовлетворять следующему условию

$$\left[\frac{F_x}{R_{x,d}} \right]^2 + \left[\frac{F_y}{R_{y,d}} \right]^2 \leq 1, \quad (9.29)$$

где $R_{x,d}$, $R_{y,d}$ — расчетные значения несущей способности пластины в направлениях осей (x) и (y). Они определяются как максимальные несущие способности в сечениях параллельных или перпендикулярных главным осям.

$$R_{x,d} = \max \begin{cases} f_{ax,x} b_{net} \\ f_{vx,d} a_{net} \end{cases} \quad f_{ax,x} = \min \begin{cases} f_{t,x,d} & \text{если растяжение} \\ f_{c,x,d} & \text{если сжатие} \end{cases} \quad (9.30)$$

$$R_{y,d} = \max \begin{cases} f_{ax,y} a_{net} \\ f_{vy,d} b_{net} \end{cases} \quad f_{ax,y} = \min \begin{cases} f_{t,y,d} & \text{если растяжение} \\ f_{c,y,d} & \text{если сжатие} \end{cases} \quad (9.31)$$

9.6.4.5 Если пластина покрывает несколько стыков, то усилия в каждом прямом стыке должны определяться так, чтобы выполнялось равновесие, и чтобы в каждом прямом стыке соблюдалось условие (9.29).

9.6.4.6 Следует проверить все опасные сечения. Если несколько сечений имеют общие участки, то усилия в них следует считать одинаковыми, когда рассматриваются разные сечения (рисунок 9.9).

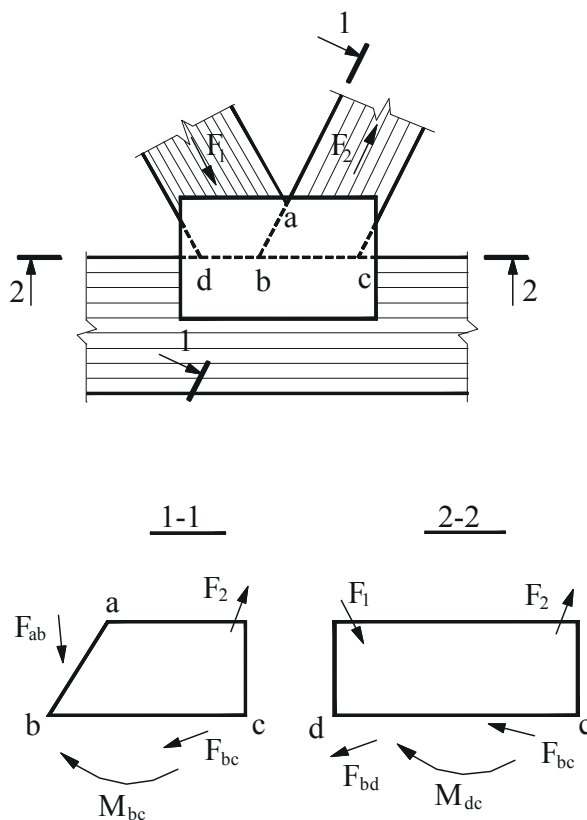


Рисунок 9.9 — Стык между поясом и двумя раскосами

9.7 Соединения на вклеенных стальных стержнях

9.7.1 Общие требования

9.7.1.1 Вклеенные металлические стержни могут использоваться:

- для стыковых соединений и для сплачивания элементов;
- для повышения сопротивления смятию в опорных частях клееных элементов;
- в виде наклонных соединительных связей составных балок, растянутых стыков и анкерных креплений, защемленных в пяте колонн.

9.7.1.2 Соединения на вклеенных в древесину стержнях выполняются из арматурной стали периодического профиля классов А-II и А-III диаметром от 12 до 25 мм.

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

9.7.1.4 Отверстия должны быть глухими. При этом слои клееного пакета не должны иметь компенсационных прорезей.

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

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

9.7.1.7 Кроме проверки несущей способности соединений, приведенной в настоящем разделе, следует выполнять проверку прочности стержней и стальных накладок по СНиП II-23 и СНиП 2.03.01.

9.7.2 Стержни, работающие на выдергивание или продавливание вдоль волокон

9.7.2.1 Расчетную несущую способность клеенного вдоль волокон стержня на выдергивание или продавливание следует определять по формуле

$$R_d = f_{sv,d} \pi d_o l_d k_{n3}, \quad (9.32)$$

где $f_{sv,d}$ — расчетное сопротивление древесины сдвигу вдоль волокон на единицу поверхности, принимаемое 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.

9.7.2.2 Коэффициент (k_{n3}) определяют по формуле

$$k_{n3} = 1,2 - 0,02 \frac{l_d}{d}, \quad (9.33)$$

где d — номинальный диаметр стержня.

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

9.7.2.4 Расстояние между осями клеенных стержней следует принимать не менее $S_3 = 3d$, а до наружных граней — $S_4 = 2d$. Обозначения приведены на рисунке 9.10.

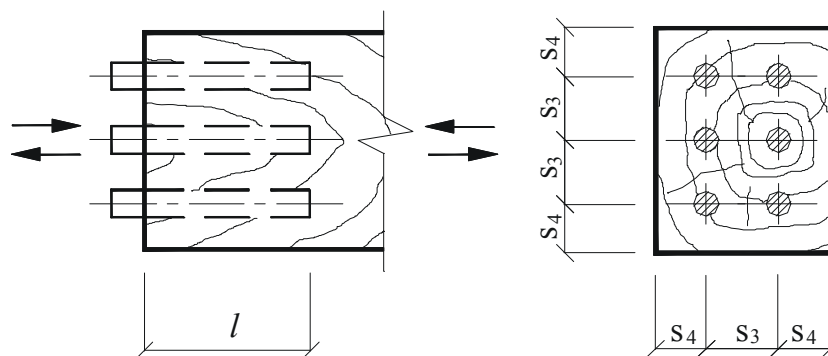


Рисунок 9.10 — Схема расстановки клеенных вдоль волокон древесины стержней

9.7.2.5 Не допускается использовать соединения на клеенных вдоль волокон стержнях, если кроме осевой силы (N) действует сдвигающее усилие (V), вызывающее касательные напряжения выше 0,3 МПа.

9.7.3 Стержни, работающие на продавливание поперек волокон

9.7.3.1 Расчетную несущую способность соединения на клеенных поперек волокон стержнях (рисунок 9.11), работающих на продавливание, следует определять по формуле

$$R_d = f_{sv,90,d} \pi d_o l_d n k_{n4} k_{n5} k_{n6}, \quad (9.34)$$

где $f_{sv,90,d}$ — расчетное сопротивление древесины срезу поперек волокон на единицу поверхности, принимаемое равным 4,5 МПа;

- d_0 — диаметр отверстия под клеенный стержень;
- l_d — расчетная длина заделываемой части стержня;
- n — число 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.

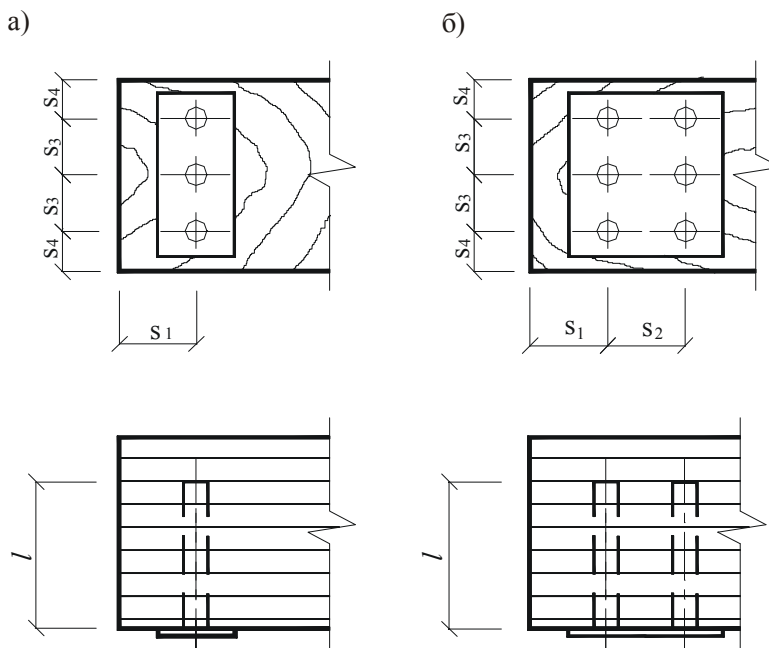


Рисунок 9.11 — Схема расстановки клеенных поперек волокон древесины стержней:
а — однорядная расстановка;
б — двухрядная расстановка

9.7.3.2 Коэффициенты (k_{n4}) и (k_{n5}) необходимо определять по формулам:

$$k_{n4} = 1 - 0,01 \frac{l}{d}, \tag{9.35}$$

$$k_{n5} = 1,12 - 10d, \tag{9.36}$$

где d — номинальный диаметр стержня.

9.7.3.3 Значения коэффициента (k_{n6}) принимаются по таблице 9.8.

Таблица 9.8

Условия передачи нагрузки	Число рядов поперечных стержней				
	1			2	
	Число стержней в ряду				
	1	2	3	2	3
С центрирующей прокладкой	1	0,9	0,85	0,80	0,75
Без центрирующей прокладки	1	0,9	0,85	0,75	0,70

9.7.3.4 Длина заделываемой части стержня должна быть в пределах от $5d$ до $10d$, но не менее 100 мм.

9.7.3.5 Минимальные расстояния между осями стержней принимаются по таблице 9.9. Обозначения приведены на рисунках 9.10, 9.11.

Таблица 9.9 — Минимальные расстояния между осями стержней

Направление	Расстояние
Вдоль волокон между осями стержней и до торца элемента S_1, S_2	$3,5d$
Поперек волокон между осями стержней S_3	$2d$
Поперек волокон до кромки элемента S_4	$1,5d$

9.7.3.6 При расчете соединений с передачей усилий на клеенные стержни несущую способность древесины на смятие под опорными пластинами не учитывают.

9.7.4 Соединения на наклонных клеенных стержнях

9.7.4.1 Расчетную несущую способность соединения на наклонных клеенных стержнях (рисунок 9.12), работающих на совместное действие растяжения и изгиба, следует определять по формуле

$$\left[\frac{N_d}{R_{N,d}} \right]^2 + \left[\frac{V_d}{R_{m,d}} \right] \leq 1, \quad (9.37)$$

где $N_d = F_d \cos \alpha$ — продольная составляющая усилия, передаваемая от расчетного воздействия (F_d) на стержень;

$V_d = F_d \sin \alpha$ — поперечная составляющая усилия, передаваемая от расчетного воздействия (F_d) на стержень;

$R_{N,d} = A f_{st,d}$ — расчетная несущая способность стержня на растяжение;

A — площадь сечения стержня;

$f_{st,d}$ — расчетное сопротивление арматурного стержня растяжению:

$f_{s,t,d} = 285$ МПа — для арматуры класса А-II;

$f_{s,t,d} = 375$ МПа — для арматуры класса А-III;

$R_{m,d}$ — расчетная несущая способность стержня из условия его работы на изгиб.

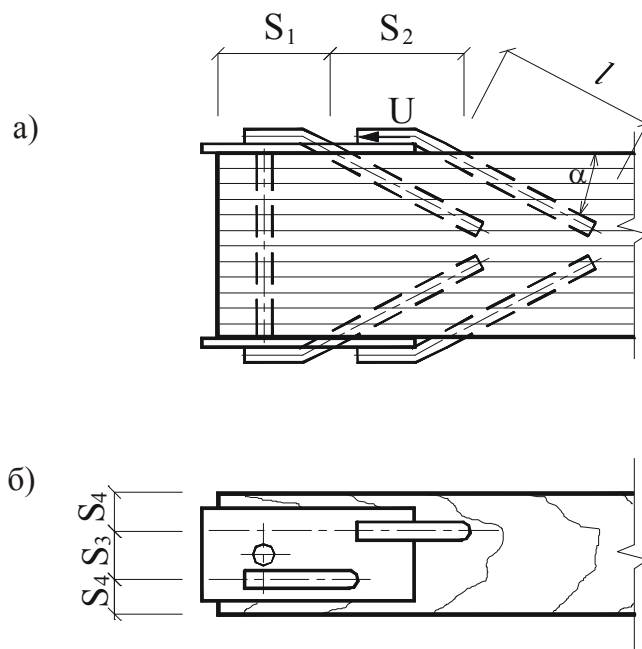


Рисунок 9.12 — Схема расстановки наклонных клеенных стержней

60

9.7.4.2 Расчетную несущую способность стержня из условия его работы на изгиб следует определять по формуле

$$R_{m,d} = f_{sv,90,d} d^2, \quad (9.38)$$

где $f_{sv,90,d}$ — расчетное сопротивление стержня сдвигу поперек волокон, принимаемое по таблице 9.10;
 d — номинальный диаметр стержня.

Таблица 9.10

В мегапаскалях

Вид соединения	$f_{sv,90,d}$
Жесткое (сварное) соединение клеенного стержня со стальной накладкой:	
для арматуры класса А-II	55
для арматуры класса А-III	70
Нежесткое (болтовое) соединение клеенного стержня со стальной накладкой:	
для арматуры класса А-II	40
для арматуры класса А-III	50

9.7.4.3 Угол наклона (α) клеенных стержней к волокнам древесины должен составлять $30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$.

9.7.4.4 Длина заделываемой части стержня должна быть не менее $20d$ в стыках и не менее $15d$ в составных балках при сплачивании.

9.7.4.5 Минимальные расстояния между осями стержней должны приниматься по таблице 9.11.

Таблица 9.11 — Минимальные расстояния между осями стержней

Направление	Расстояние
Вдоль волокон между осями стержней и до торца элемента S_1, S_2	$10d$
Поперек волокон при двухрядном расположении:	
между осями стержней S_3	$3d$
до кромки элемента S_4	$6d$
Поперек волокон при шахматном расположении:	
между осями стержней S_3 и до кромки элемента S_4	$3d$

9.7.5 Вклеенные стальные нагели

9.7.5.1 Расчетную несущую способность на сдвиг клеенного нагеля из стальной арматуры периодического профиля на один шов определяют по формуле (9.9) по правилам, приведенным в 9.4.1.1—9.4.1.16. За диаметр нагеля (d) принимается номинальный диаметр стержня.

9.7.5.2 Для нагелей из арматуры класса А-II необходимо принимать следующие значения расчетных характеристик:

- сопротивление изгибу нагеля ($f_{n,d}$) — 20 МПа;
- коэффициент (k_n) — 0,1;
- коэффициент ($\beta_{n,max}$) — 0,7746.

9.7.5.3 Для нагелей из арматуры класса А-III 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.

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

9.7.5.5 Минимальные расстояния между осями клеенных нагелей принимаются по таблице 9.12. Обозначения см. на рисунке 9.13.

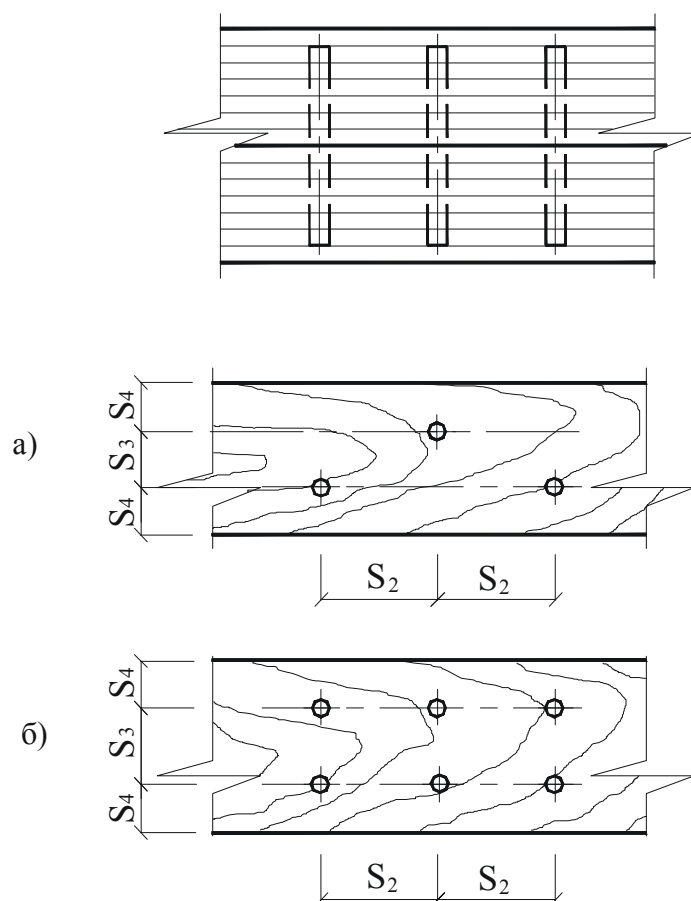


Рисунок 9.13 — Соединение на вклеенных стальных нагелях
 а — шахматная расстановка;
 б — двухрядная расстановка

Таблица 9.12 — Минимальные расстояния между осями нагелей

Направление	Расстояние
Вдоль волокон между осями нагелей и до торца элемента S_1, S_2	$10d_0$
Поперек волокон при двухрядном расположении:	
между осями нагелей S_3	$3d_0$
до кромки элемента S_4	$6d_0$
Поперек волокон при шахматном расположении:	
между осями нагелей S_3 и до кромки элемента S_4	$3d_0$
<i>Примечание</i> — d_0 — диаметр отверстия под вклеенный нагель.	

10 Изготовление, монтаж деревянных конструкций и контроль качества

10.1 Общие требования

10.1.1 Деревянные конструкции должны изготавливаться в соответствии с указаниями СНиП 3.03.01, проектной документации и с требованиями стандартов на их изготовление.

10.1.2 Изготовление клееных конструкций следует производить при наличии:

- пиломатериалов, прошедших предварительную атмосферную сушку до влажности 20—25 % и сушку в камерах до технологической влажности 8—12 %;
- пригодных для применения клеев;
- производственных помещений, в которых поддерживаются заданные температурно-влажностные параметры воздуха;
- оборудования, обеспечивающего качественное выполнение технологических операций;

- квалифицированных кадров;

— нормативной документации на конструкции и процесс их изготовления.

При несоблюдении хотя бы одного из перечисленных требований, производство конструкций запрещается.

10.1.3 Деревянные конструкции допускается изготавливать из круглых и пиленых лесоматериалов.

10.1.4 Влажность древесины, применяемой для изготовления деревянных конструкций, должна приниматься в зависимости от температурно-влажностных условий их эксплуатации. Для клееных элементов конструкций влажность древесины должна быть (10 ± 2) %.

10.1.5 Монтаж деревянных конструкций должен выполняться в соответствии с требованиями СНиП 3.03.01 и проектной документацией.

10.2 Элементы конструкций

10.2.1 Отклонения в размерах шаблонов, кондукторов и других приспособлений для изготовления элементов деревянных конструкций от размеров, указанных в проектной документации, не должны превышать 1 мм.

10.2.2 Выгиб из плоскости в середине пролета для колонн, балок, элементов рам не должен превышать $1/500$ длины клееных элементов и $1/300$ длины элементов из цельной древесины.

10.2.3 Влажность древесины перед монтажом должна соответствовать условиям эксплуатации готовой конструкции.

10.3 Клеевые соединения

10.3.1 Если при расчете конструкции по несущей способности учитывается прочность клеевого шва, то при склеивании следует обеспечить контроль качества и соответствие соединений стандартам.

10.3.2 При использовании клеев должны соблюдаться требования их производителей и соответствующих стандартов, касающиеся смешивания, условий окружающей среды при склеивании и выдержке, влажности элементов и других факторов, касающихся правильного использования.

10.3.3 Если для применяемых клеев предусмотрена выдержка до достижения ими полной прочности, приложение нагрузки к соединениям на этот период не допускается.

10.4 Соединения посредством механических крепежных элементов

10.4.1 Обзол, трещины, сучки или другие дефекты соединений должны быть ограничены до такой степени, чтобы несущая способность соединений не уменьшалась.

10.4.2 Если в соединениях на гвоздях нет никаких указаний, гвозди следует забивать под прямым углом к волокнам и на такую глубину, чтобы поверхность шляпки гвоздя была заподлицо с поверхностью древесины.

10.4.3 Диаметр отверстия под болт не должен превышать диаметра болта более чем на 1 мм.

10.4.4 Под головкой болта и гайкой должны быть использованы шайбы с боковым размером или диаметром не менее $3d$ и толщиной не менее $0,3d$ (d — диаметр болта). Шайбы должны плотно прилегать к древесине.

10.4.5 Болты и винты должны быть затянуты так, чтобы элементы плотно подходили друг к другу.

10.4.6 Минимальный диаметр нагеля должен быть 6 мм. Допуски на диаметр нагеля должны составлять $(0 + 0,1)$ мм, а диаметр просверленного отверстия в деревянных элементах не должен превышать диаметр нагеля.

10.4.7 Диаметр предварительно просверленных отверстий для гвоздей не должен превышать $0,8d$.

10.4.8 Шурупы диаметром более 5 мм следует завинчивать в отверстия, просверленные предварительно, следующим образом:

- отверстие должно иметь тот же диаметр, что и шуруп, и глубину, равную длине ненарезной части;
- отверстие для части с резьбой должно иметь диаметр, равный 70 % диаметра винта.

10.5 Сборка, транспортировка и монтаж конструкций

Сборка, транспортировка, хранение и монтаж конструкций должны выполняться в соответствии с требованиями СНиП 3.03.01. При этом в элементах конструкций не должны возникать дополнительные

напряжения. Покоробленные, расщепленные или плохо подогнанные в соединениях элементы должны быть заменены.

Если конструкция нагружена или опирается не так, как предусмотрено проектной документацией, то временные условия опирания следует рассматривать как соответствующий случай нагружения, включая возможные динамические составляющие. Искривления при подъеме из горизонтального в вертикальное положение арок, рам и им подобных конструкций не допускается.

10.6 Особые требования для ферм на металлических зубчатых пластинах

10.6.1 Фермы на металлических зубчатых пластинах должны изготавливаться в строгом соответствии с рабочими чертежами и требованиями соответствующих стандартов.

10.6.2 Фермы следует проверять на прямолинейность и вертикальность до установки постоянных связей.

10.6.3 При изготовлении фермы ее элементы должны быть свободны от искривлений в пределах, установленных в соответствующих стандартах.

10.6.4 После монтажа в любом из элементов фермы допускается выгиб не более 10 мм при условии адекватного крепления в покрытии для предотвращения увеличения выгиба.

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 б) при нагружении пласти	26 / 36 30 / 42	24 / 33 27 / 37,5	16 / 22 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 принимаются 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 21554.5; 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 6.1.4.4.2 для 1 сорта.</p>				

Приложение Б (рекомендуемое)

Рекомендуемый сортамент пиломатериалов

Таблица Б.1

В миллиметрах

Толщина	Ширина								
	75	100	125	150	—	—	—	—	—
16	75	100	125	150	—	—	—	—	—
19	+	+	+	+	175	—	—	—	—
22	+	+	+	+	+	200	225	—	—
25	+	+	+	+	+	+	+	250	—
32	+	+	+	+	+	+	+	+	275
40	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+
75	75	+	+	+	+	+	+	+	+
100	—	100	+	+	+	+	+	+	+
125	—	—	125	+	+	+	+	+	+
150	—	—	—	150	+	+	+	+	+
175	—	—	—	—	175	+	+	+	+
200	—	—	—	—	—	200	+	+	+
250	—	—	—	—	—	—	250	+	+

Примечание — Сортамент пиломатериалов принят в соответствии с ГОСТ 24454.

Приложение В
(рекомендуемое)

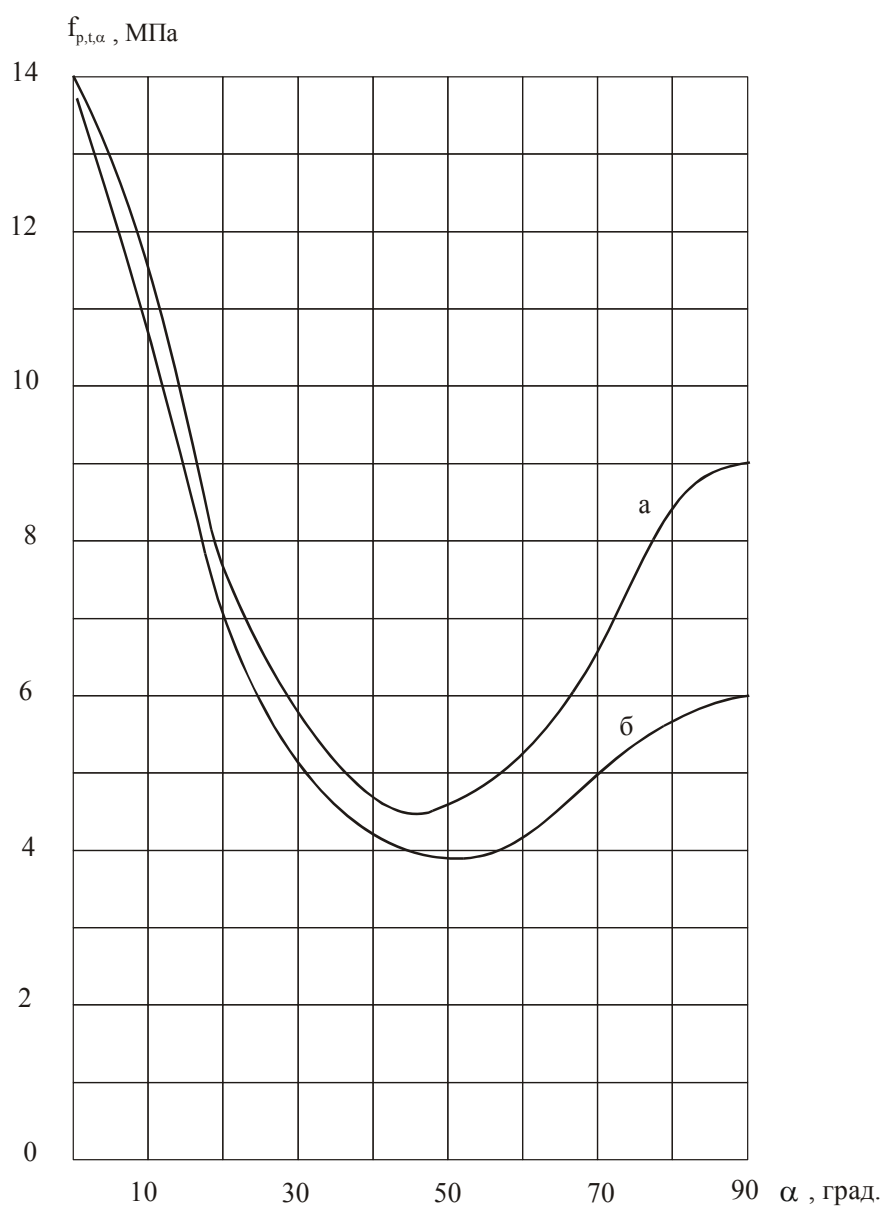
Марки и рекомендуемые области применения клеев

Таблица В.1

Тип клея	Марка клея	Группа	Рекомендуемые области применения
Резорциновый	ФР-12	I	Преимущественно для гражданского строительства, в большепролетных конструкциях при эксплуатации в наиболее жестких условиях
Фенольно-резорциновый	ФРФ-50	I	Преимущественно для промышленного, сельскохозяйственного строительства, в большепролетных конструкциях при эксплуатации в наиболее жестких условиях
Фенольный	СФХ	II	Преимущественно для сельскохозяйственного строительства, в конструкциях массового применения, эксплуатируемых в жестких условиях
Алкирезорциновый	ФР-100 ДФК-1АМ	II	Преимущественно для сельскохозяйственного строительства, в конструкциях массового применения, эксплуатируемых в жестких условиях
Фенольно-алкирезорциновый	ДФК-14Р	II	Преимущественно для сельскохозяйственного строительства, в конструкциях массового применения, эксплуатируемых в жестких условиях
Карбамидно-меламиновый	КС-В-СК	III	Для конструкций, эксплуатируемых при относительной влажности воздуха до 85 %
Карбамидный	КФ-Ж	IV	То же, при относительной влажности воздуха до 70 %
Эпоксидный	ЭПЦ-1 К-153	V	Для соединений деревянных конструкций с вклеенными стальными стержнями
Фенольно-резорциновый модифицированный	ФРФ-50М	V	Для соединений деревянных конструкций с вклеенными стальными стержнями

Приложение Г
(обязательное)

Графики для расчета фанерных стенок балок и плит



а — для семислойной; б — для пятислойной

Рисунок Г.1 — Графики для определения расчетных сопротивлений растяжению под углом (α) к волокнам наружных слоев березовой фанеры марки ФСФ

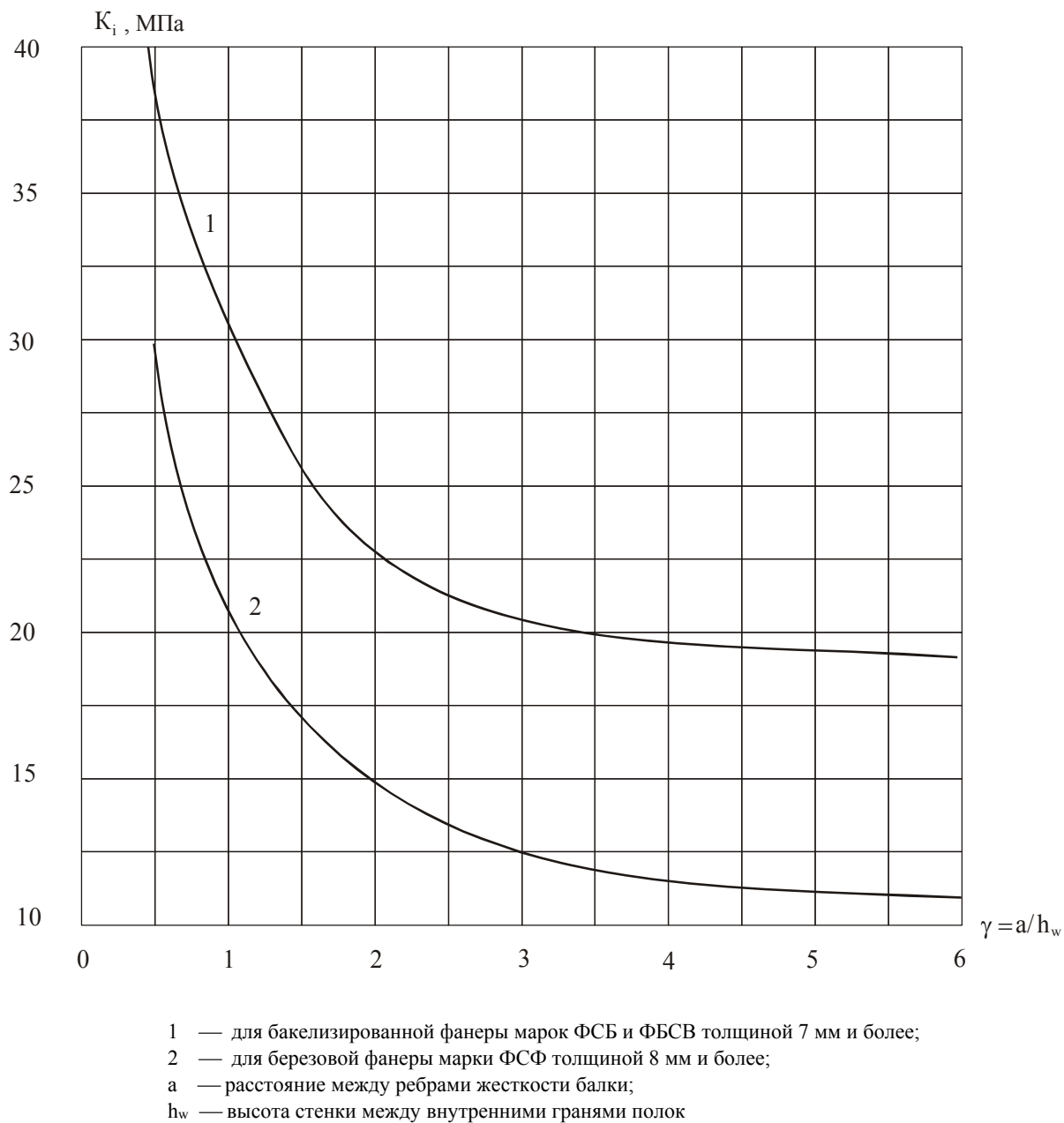
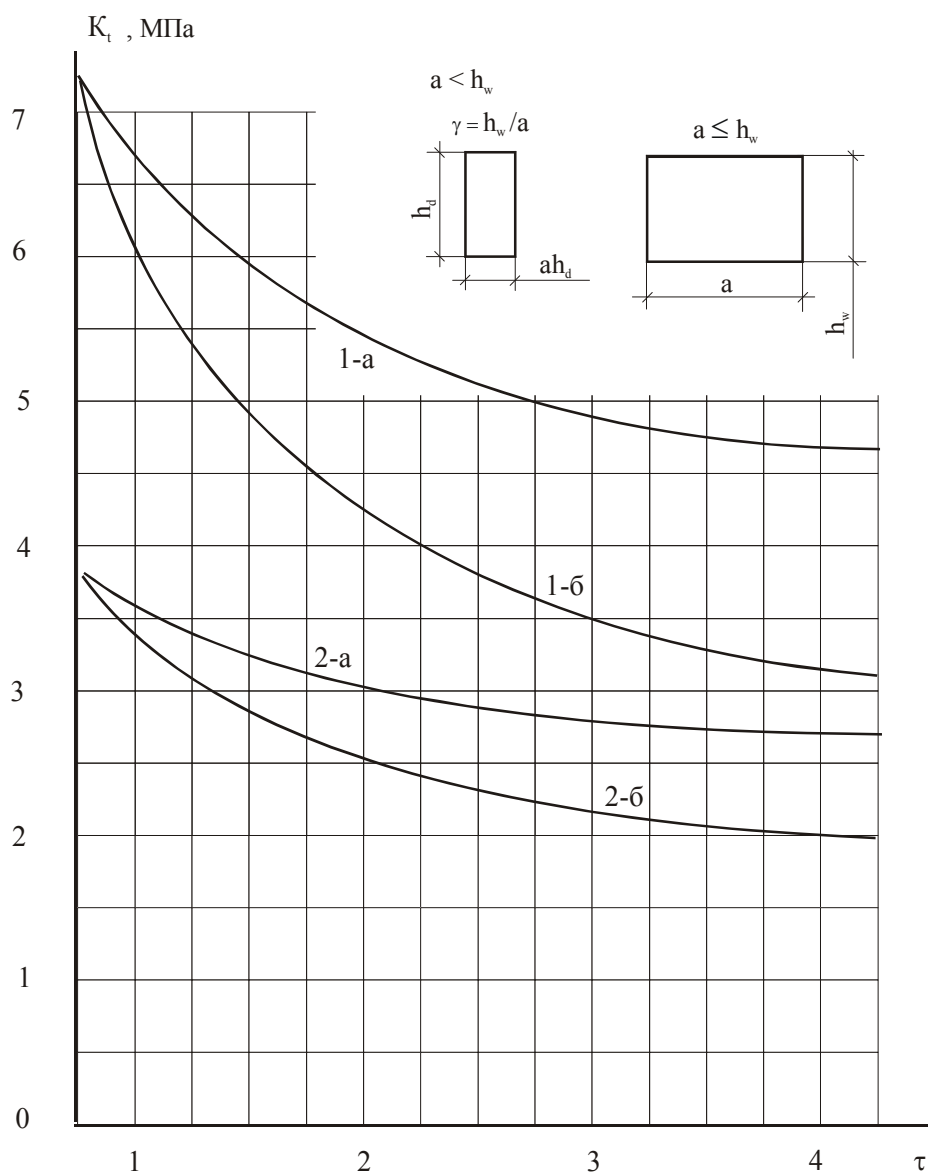


Рисунок Г.2 — Графики для определения коэффициента (K_i) при расположении волокон в наружных слоях фанеры вдоль пролета



- 1-а — для бакелизированной фанеры марок ФСБ толщиной 7 мм и более при направлении волокон наружных слоёв параллельно малой стороне панели;
- 1-б — для бакелизированной фанеры марок ФСБ и ФБСВ толщиной 7 мм и более при направлении волокон наружных слоёв перпендикулярно малой стороне панели;
- 2-а-б — то же для березовой фанеры марки ФСФ толщиной 8 мм и более;

Рисунок Г.3 — Графики для определения коэффициента (K_t)