

**Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский центр «Строительство»**

ОАО «НИЦ «Строительство»

**ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко
(филиал ОАО «НИЦ «Строительство»)**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

**ДЕРЕВЯННЫЕ КЛЕЕННЫЕ
И ЦЕЛЬНОДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

Методы проектирования и расчета

СНиП II – 25 –

Москва

Предисловие

Цели и задачи разработки, а также использования стандартов организаций в РФ установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки и оформления - [ГОСТ Р 1.0-2004](#) «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения» и [ГОСТ Р 1.5-2004](#) «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Общие положения»

Сведения о стандарте:

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН лабораторией несущих деревянных конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко - филиалом ОАО «НИЦ «Строительство» и группой специалистов (засл. деят. науки и техники РФ, доктора техн. наук, проф. *В.М. Горпинченко, Л.М. Ковальчук*, д-р техн. наук *С.Б. Турковский*, кандидаты техн. наук *А.А. Погорельцев, И.П. Преображенская, Ю.Ю. Славик, А.Д. Ломакин, В.Н. Зигерн-Корн*, канд. хим. наук *А.А. Мехтиев*, инж. *М.А. Филимонов, П.Н. Смирнов, Е.А. Экнадосьян, А.В. Федченко, В.А. Галицкий*) при участии МГСУ (д-р техн. наук, проф. *Д.К. Арленинов*).

2 РЕКОМЕНДОВАН К ПРИНЯТИЮ Секцией деревянных конструкций НТС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министра регионального развития РФ от

« ____ » _____ 20__ г. № _____

4 СТАНДАРТ АКТУАЛИЗИРОВАН при использовании и сохранении основных положений [СНиП II-25-80](#) «Деревянные конструкции».

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Замечания и предложения следует направлять в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко — филиал ОАО «НИЦ «Строительство»
(т/ф (495) 174-77-40; 174-77-45; 174-77-48; e-mail: tsniiskldk@land.ru)

Содержание

- 1 Область применения
- Основные буквенные обозначения*
- 2 Материалы
- 3 Расчетные характеристики материалов
- 4 Расчет элементов деревянных конструкций
- Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям первой группы
 - Центрально-растянутые и центрально-сжатые элементы
 - Изгибаемые элементы
 - Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом
 - Расчетные длины и предельные гибкости элементов деревянных конструкций
 - Особенности расчета клееных элементов из фанеры с древесиной
- Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям второй группы
 - Особенности расчета балок композитного сечения
- 5 Расчет соединений элементов деревянных конструкций
- Общие указания
- Клеевые соединения
- Соединения на врубках
- Соединения на цилиндрических нагелях
- Соединения на гвоздях и шурупах, работающих на выдергивание
- Соединения на пластинчатых нагелях
- Соединения на наклонно вклеенных стержнях
- 6 Указания по проектированию деревянных конструкций
- Общие указания
- Балки, прогоны, настилы
- Составные балки
- Балки композитного сечения
- Балки клееные
- Фермы
- Особенности проектирования линзообразных ферм на вклеенных связях
- Особенности проектирования дощатных ферм с соединениями в узлах на МЗП
- Арки и своды
- Рамы
- Опоры воздушных линий электропередачи
- Конструкционные требования по обеспечению надежности деревянных конструкций
- Обеспечение противопожарных требований к деревянным конструкциям
- Приложение А_Дополнительные требования к качеству древесины
- Приложение Б_Нормативные и временные сопротивления элементов ДК из древесины сосны, ели и древесины из однонаправленного шпона и порядок их определения
- Приложение В_Плотность древесины, фанеры и древесины из однонаправленного шпона
- Приложение Г_Данные для расчета сжатых, изгибаемых и сжато-

изгибаемых элементов

Приложение Д_Графики для расчета фанерных стенок балок и плит

Приложение Е_Нормативные ссылки

Приложение Ж_Рекомендации по производству работ при вклеивании стержней

Приложение И_Классификация ДК

Приложение К_Паспорт здания с применением ДК

Приложение Л_Группы условий эксплуатации ДК*

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ДЕРЕВЯННЫЕ КЛЕЕНЫЕ И ЦЕЛЬНОДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Методы проектирования и расчета

Wooden laminated and solid timber structures
Methods of design and calculation

Дата введения 2006-05-15

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на методы проектирования и расчета деревянных клееных конструкций, а также конструкций из цельной древесины (далее - ДК), применяемых в общественной, жилищной, промышленной и других отраслях строительства.

1.2 Стандарт не распространяется на проектирование ДК гидротехнических сооружений и мостов.

1.3 Стандарт может быть применен для целей сертификации проектов на ДК.

1.4 Решение о применении настоящего стандарта и его обязательном соблюдении при проектировании ДК принимается заказчиком (потребителем) самостоятельно путем оформления приказом руководителя и включения в договор на разработку проекта ДК.

1.5 При проектировании ДК следует предусматривать защиту их от увлажнения, биоповреждения, от коррозии (для конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред) в соответствии со стандартом на проектирование защиты строительных конструкций от коррозии, и от возгорания в соответствии со стандартом на противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

1.6 ДК 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 нагрузок.

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

1.8 Долговечность ДК должна обеспечиваться конструктивными мерами, в соответствии с указаниями [раздела 6](#) настоящих норм, и, в необходимых случаях, защитной обработкой, предусматривающей предохранение их от увлажнения, биоповреждения и возгорания. Декоративная отделка и огнезащитная обработка ДК должны выполняться, как правило, после устройства кровли.

1.9 ДК в условиях постоянного или периодического длительного нагрева допускается применять, если температура окружающего воздуха не превышает 50 °С для конструкций из неклееной и 35 °С для конструкций из клееной древесины.

1.10 Сорта древесины (классы прочности) элементов ДК, а также необходимые дополнительные требования к качеству древесины, в соответствии с [приложением А](#), виды клея и защитных материалов должны указываться в рабочих чертежах.

1.11 ДК классифицируют по основным признакам: функциональному назначению и температурно-влажностным условиям эксплуатации, согласно [таблице 1](#) и [приложению И](#).

Основные буквенные обозначения*

Обозначение стандарта	Обозначение Еврокода	Наименование
Усилия от внешних нагрузок и воздействий в поперечном сечении элемента		
M	M	- изгибающий момент
N	N	- продольная сила
Q	V	- поперечная сила
Характеристики материалов		
$R_{и}$	$f_{m,d}$	- расчетное сопротивление древесины изгибу вдоль волокон
R_c	$f_{c,0,d}$	- расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон
R_p	$f_{t,0,d}$	- расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон
$R_{см}$	$f_{cl,0,d}$	- расчетное сопротивление древесины смятию вдоль волокон
$R_{ск}$	$f_{v,0,d}$	- расчетное сопротивление древесины сдвигу вдоль волокон
$R_{с90}$	$f_{c,90,d}$	- расчетное сопротивление древесины сжатию поперек волокон
R_{p90}	$f_{t,90,d}$	- расчетное сопротивление древесины растяжению поперек волокон
$R_{см90}$	$f_{cl,90,d}$	- расчетное сопротивление древесины смятию поперек волокон
$R_{ск}^{ср}$	-	- расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон
$R_{ск90}$	$f_{v,90,d}$	- расчетное сопротивление древесины сдвигу поперек волокон
$R_{см\alpha}$	$f_{cl,\alpha,d}$	- расчетное сопротивление древесины смятию под углом к волокнам
$R_{ск\alpha}$	$f_{v,\alpha,d}$	- расчетное сопротивление древесины сдвигу под углом к волокнам
$R_{ф,р}$	$f_{t,0,d}$ $f_{t,90,d}$ $f_{t,45,d}$	- расчетное сопротивление фанеры растяжению в плоскости листа
$R_{ф,с}$	$f_{c,0,d}$ $f_{c,90,d}$ $f_{c,45,d}$	- расчетное сопротивление фанеры сжатию в плоскости листа
$R_{ф,и}$	$f_{m,0,d}$ $f_{m,90,d}$	- расчетное сопротивление фанеры изгибу в плоскости листа
$R_{ф,ск}$	$f_{v,0,d}$	- расчетное сопротивление фанеры скалыванию в плоскости листа
$R_{ф,ср}$	$f_{r,d}$ $f_{r,45,d}$	- расчетное сопротивление фанеры срезу перпендикулярно плоскости листа
$R_{ф,с90}$	$f_{cl,90,d}$	- расчетное сопротивление фанеры сжатию перпендикулярно плоскости листа
$R_{ф,см90}$	$f_{cl,90,d}$	- расчетное сопротивление фанеры смятию перпендикулярно плоскости листа
$R_{дш}^и$	-	- расчетное сопротивление древесины однонаправленного шпона изгибу вдоль волокон
$R_{дш}^с$	-	- расчетное сопротивление древесины однонаправленного шпона сжатию вдоль волокон
$R_{дш}^р$	-	- расчетное сопротивление древесины однонаправленного шпона растяжению вдоль волокон

$R_{д.ш}^{см}$	-	- расчетное сопротивление древесины однонаправленного шпона смятию вдоль волокон
$R_{д.ш}^{ск}$	-	- расчетное сопротивление древесины однонаправленного шпона сдвигу вдоль волокон
E	E_0	- модуль упругости древесины и фанеры вдоль волокон
E_{90}	E_{90}	- модуль упругости древесины и фанеры поперек волокон
$E_{ф}$	-	- модуль упругости фанеры
E^I	$E_{0,05}$	- модуль упругости древесины в расчетах несущих конструкций (кроме опор ЛЭП) на устойчивость и по деформированной схеме
$E_{ф}^I$	-	- модуль упругости фанеры в расчетах несущих конструкций (кроме опор ЛЭП) на устойчивость и по деформированной схеме
$G_{0,90}$	$G_{0,90}$	- модуль сдвига древесины относительно осей, направленных вдоль и поперек волокон
$G_{ф}$	-	- модуль сдвига фанеры
$G_{ф}^I$	-	- модуль сдвига фанеры в расчетах несущих конструкций (кроме опор ЛЭП) на устойчивость и по деформированной схеме
$\nu_{90,0}$	$\nu_{90,0}$	- коэффициент Пуассона древесины поперек волокон при напряжениях, направленных вдоль волокон
$\nu_{90,0}$	$\nu_{90,0}$	- коэффициент Пуассона древесины вдоль волокон при напряжениях, направленных поперек волокон
$\nu_{ф}$	-	- коэффициент Пуассона фанеры
m	-	Коэффициент приведения к древесине
m_n	k_s	- коэффициент перехода для расчетных сопротивлений сосны к соответствующим величинам других пород древесины
m_b	k_{sc}	- коэффициент условий эксплуатации конструкций
m_T	k_t	- коэффициент температурных условий
m_d	k_{sl}	- коэффициент, учитывающий длительную нагрузку
m_H	k_{dl}	- коэффициент, учитывающий время длительности нагрузки
m_b	k_h	- коэффициент, учитывающий высоту сечения
$m_{сл}$	k_{lam}	- коэффициент, учитывающий толщину слоя
$m_{гн}$	k_r	- коэффициент, учитывающий радиус кривизны
m_o	k_n	- коэффициент, учитывающий ослабления сечения растянутых и изгибаемых элементов
m_a	k_i	- коэффициент, учитывающий влияние пропитки антипиренами
T	$R_{d,f}$	- расчетная несущая способность связи
Геометрические характеристики		
F	A	- площадь поперечного сечения элемента
$F_{расч}$	A_d	- расчетная площадь поперечного сечения элемента
$F_{нт}$	A_{net}	- площадь поперечного сечения элемента нетто
$F_{бр}$	A_{br}	- площадь поперечного сечения элемента брутто
$F_{см}$	-	- расчетная площадь смятия
$F_{ск}$	-	- расчетная площадь скалывания
b	b	- ширина поперечного сечения

d	d	- номинальный диаметр стержней арматурной стали, анкеров, болтов, гвоздей, шурупов и др.
h	h	- высота поперечного сечения
I	I	- момент инерции поперечного сечения элемента
$I_{нт}$	I_{net}	- момент инерции поперечного сечения элемента нетто
$I_{бр}$	I_{br}	- момент инерции поперечного сечения элемента брутто
$I_{пр}$	-	- приведенный момент инерции поперечного сечения элемента
l	l	- пролет, длина элемента
l_0	l_d	- расчетная длина элемента
$l_{см}$	l_{cl}	- длина площадки смятия
r	r	- радиус инерции сечения
S	S	- статический момент поперечного сечения элемента
$S_{бр}^i$	S_{br}^i	- статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения элемента
W	W	- момент сопротивления поперечного сечения элемента
$W_{расч}$	W_d	- расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента
$W_{пр}$	-	- приведенный момент сопротивления поперечного сечения элемента
Прочие основные характеристики		
ξ	ξ	- коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента
φ	φ	- коэффициент продольного изгиба
λ	λ	- гибкость элемента
f	-	- прогиб элемента
$n_{ш}$	n_{gl}	- расчетное число швов в элементе
k_c	k_c	- коэффициент податливости соединений
Подстрочные индексы		
Подстрочный индекс		Наименование
бр	br	- брутто
с	c	- сжатие
см	cl	- смятие
кр или крит	cr или $crit$	- критический
расч	d	- расчетный
д	def	- деформационный
др	-	деревянное ребро
расч	ef	- расчетный
н	k	- нормативный
и	m	- изгиб
max	max	- максимальный
ср	mean	- средний, наиболее вероятный
min	min	- минимальный

пр	mod	- приведенный
нт	net	- нетто
-	nom	- номинальный
p	t	- растяжение
ск	v	- скалывание, сдвиг
x, y, z	x, y, z	- оси прямоугольной (Декартовой) системы координат
α	α	- угол между силой, напряжением и направлением волокон древесины
0; 45; 90	0; 45; 90	- соответствующий угол к направлению волокон в градусах
-	0,05	- значение фрактиля для нормативной величины
* Основные буквенные обозначения, встречающиеся по тексту стандарта, для последующего перехода на Еврокод даны также в варианте Еврокода.		

2 Материалы

2.1 Для изготовления деревянных конструкций следует применять древесину преимущественно хвойных пород. Древесину твердых лиственных пород следует использовать для нагелей, подушек и других деталей.

Примечание. Для конструкций деревянных опор воздушных линий электропередачи следует применять древесину сосны и лиственницы, а для конструкций опор линий электропередачи напряжением 35 кВ и ниже, за исключением элементов стоек и приставок, заглубленных в грунт, и траверс, допускается применять древесину ели и пихты.

2.2 Качество древесины, используемой для элементов несущих ДК, должно соответствовать требованиям [ГОСТ 8486](#), [ГОСТ 2695](#), [ГОСТ 9462](#), [ГОСТ 9463](#), а также дополнительным требованиям, указанным в [приложении А](#).

Прочность древесины соответствующих сортов (классов) должна быть не ниже нормативных сопротивлений, приведенных в [приложении Б](#).

В зависимости от температурно-влажностных условий эксплуатации (групп), к влажности древесины, применяемой в элементах конструкций, должны предъявляться требования, указанные в таблице 1. Зоны влажности, определяющие условия эксплуатации конструкций на открытом воздухе или внутри неотапливаемых помещений, следует принимать в соответствии с нормами по строительной теплотехнике.

Группы условий эксплуатации и особенности их учета даны в [приложении Л](#).

Таблица 1

Температурно-влажностные условия эксплуатации	Характеристика условий эксплуатации конструкций	Максимальная влажность древесины для конструкций на стадии изготовления, %	
		из клееной древесины	из неклееной древесины
A1 } (C1) A2 }	Внутри отапливаемых помещений при температуре до 35 °С, относительной влажности воздуха, %: до 60 свыше 60 до 75	9	20
		12	20
		15	20
A3 (C2)	свыше 75 до 95	15	20
B1 } (C3) B2 }	Внутри неотапливаемых помещений: в сухой зоне в нормальной зоне	9	20
		12	20

БЗ (С3.1)	в сухой и нормальной зонах с постоянной влажностью в помещении более 75 % и во влажной зоне	15	25
B1 } B2 } (С3.2) B3 }	На открытом воздухе:		
	в сухой зоне	9	20
	в нормальной зоне	12	20
	во влажной зоне	15	25
Г1 (С4)	В частях зданий и сооружений: соприкасающихся с грунтом или находящихся в грунте	-	25
Г2 (С4.1, С4.2)	постоянно увлажняемых	-	Не ограничивается
Г3	находящихся в воде	-	То же

Примечания

1 Применение клееных деревянных конструкций в условиях эксплуатации А1 при относительной влажности воздуха ниже 45 % не допускается.

2 В неклееных конструкциях, эксплуатируемых в условиях В2, В3, когда усушка древесины не вызывает расстройств или увеличения податливости соединений, допускается применять древесину с влажностью до 40 % при условии ее защиты от гниения.

3 В графе «Температурно-влажностные условия эксплуатации» даны обозначения классов по европейским нормам.

2.3 Древесина нагелей, вкладышей и других деталей должна быть прямослойной, без сучков и других пороков, влажность древесины не должна превышать 12 %. Такие детали из древесины малостойких в отношении загнивания пород (береза, бук) должны подвергаться антисептированию.

2.4 Величину сбега круглых лесоматериалов при расчете элементов конструкций следует принимать равной 0,8 см на 1 м длины, а для лиственницы - 1 см на 1 м длины.

2.5 Плотность древесины, фанеры и древесины из однонаправленного шпона для определения собственного веса конструкций при расчете следует принимать по [приложению В](#).

2.6 Синтетические клеи для склеивания древесины и древесины с фанерой в клееных деревянных конструкциях должны назначаться в соответствии с таблицей 2. Клеи для вклеивания арматурных стержней см. в [разделе 5](#) настоящего стандарта.

Другие клеи, не перечисленные в таблице, допускается использовать при условии, что их свойства и долговечность будут не ниже указанных в таблице, при этом они должны иметь соответствующие подтверждения органов сертификации.

Таблица 2

Материалы склеиваемых элементов и условий эксплуатации (по таблице 1)	Типы клеев
1. Древесина и древесина с фанерой в конструкциях для всех условий эксплуатации, кроме Г1, Г3 (С4)	Резорциноформальдегидные и резорцинофенолоформальдегидные клеи (типа ФР-12, ФРФ-50)
2. То же, для условий эксплуатации, кроме А1, В1, В1, Г1, Г2 и Г3 (С3 и С4)	Меламиноформальдегидные и меламинокарбаминоформальдегидные клеи
3. То же, для условий эксплуатации А2 и В2 (С1 и С2.1)	Двухкомпонентные клеи повышенной водостойкости на основе дисперсных систем
4. То же, для условий эксплуатации А2 (С1)	Карбаминоформальдегидные клеи

Примечание. Свойства клеев и технические требования к ним будут представлены в разрабатываемом стандарте «Деревянные клееные конструкции. Клеи. Технические требования» - см. [приложение М](#).

Для защитной обработки ДК материалы следует выбирать в зависимости от вида

конструкций и групп условий эксплуатации, согласно таблице 2а.

Таблица 2а

Вид конструкций	Группа условий эксплуатации	Вид защитной обработки и тип защитного материала
Несущие конструкции из: клееной древесины	A1, A2, A3 (C1, C2)	Декоративные (для группы C1) и влагозащитные (для группы C2) покрытия на основе водных дисперсий или органорастворимых смол
	B1, B2, B3, B1, B2, B3 (C3, C4)	Влагозащитные пигментные лакокрасочные органорастворимые материалы
дощатых элементов	A1, A2, A3 (C1, C2)	Декоративные покрытия на основе водорастворимых дисперсий
	B1, B2, B3, B1, B2, B3, Г1, Г2, Г3 (C3, C4)	Антисептирование водорастворимыми или органорастворимыми составами
Каркасные ограждающие конструкции с обшивками из древесных плитных материалов	A1-A3, B1-B3, B1-B3 (C1-C3)	Антисептирование каркаса и влагозащитная обработка обшивок

2.7 Для клееных фанерных конструкций следует применять фанеру марки ФСФ по [ГОСТ 3916.1](#) и [ГОСТ 3916.2](#), а также фанеру бакелизованную марки ФБС по [ГОСТ 11539](#).

2.8 Для стальных элементов деревянных конструкций следует применять стали в соответствии с [СП 53-102](#) по проектированию стальных конструкций и арматурные стали в соответствии с нормами по проектированию бетонных и железобетонных конструкций.

2.9 В соединениях элементов конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивной по отношению к стали среды, следует использовать алюминиевый сплав Д16-Т ([ГОСТ 21488](#)), стеклопластик АГ-4С ([ГОСТ 20437](#)), однонаправленный древеснослоистый пластик ДСПБ ([ГОСТ 13913](#)), а также древесину твердых лиственных пород и нержавеющей сталь.

2.10 В строительных конструкциях древесина из однонаправленного шпона используется: сорт S - для элементов несущих конструкций; сорт Q - для стеновых панелей и панелей покрытия.

2.11 В композитных конструкциях из клееной древесины и бетона используются: клееная древесина с характеристиками по таблице 3; бетон тяжелый классов В20 и выше; вклеенные арматурные стержни - в соответствии с [разделом 5](#).

3 Расчетные характеристики материалов

3.1 Расчетные сопротивления древесины сосны (кроме веймутовой), ели, лиственницы европейской и японской приведены в таблице 3. Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливают путем умножения величин, приведенных в таблице 3, на переходные коэффициенты m_n , указанные в таблице 4.

Методика определения расчетных сопротивлений приведена в [приложении Б](#).

Таблица 3

Напряженное состояние и характеристика элементов	Расчетные сопротивления, МПа(кгс/см ²), для сортов (классов) древесины			
	обозначение	1/К26	2/К24	3/К16
1. Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон:				
а) элементы прямоугольного сечения (за исключением указанных в подпунктах «б», «в») высотой до 50 см. При высоте сечения более 50 см см. п. 3.2.0 текста	$R_{и}, R_c, R_{см}$	14 (140)	13 (130)	8,5 (85)
б) элементы прямоугольного сечения шириной свыше 11 до 13	$R_{и}, R_c, R_{см}$	15 (150)	14 (140)	10 (100)

см при высоте сечения свыше 11 до 50 см				
в) элементы прямоугольного сечения шириной свыше 13 см при высоте сечения свыше 13 до 50 см	$R_{и}, R_{с}, R_{см}$	16 (160)	15 (150)	11 (110)
г) элементы из круглых лесоматериалов без врезок в расчетном сечении	$R_{и}, R_{с}, R_{см}$	-	16 (160)	10 (100)
2. Растяжение вдоль волокон:				
а) неклееные элементы	$R_{п}$	10 (100)	7 (70)	-
б) клееные элементы	$R_{п}$	12 (120)	9 (90)	-
3. Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон	$R_{с90}, R_{см90}$	1,8 (18)	1,8 (18)	1,8 (18)
4. Смятие поперек волокон местное:				
а) в опорных частях конструкций, лобовых врубках и узловых примыканиях элементов	$R_{см90}$	3 (30)	3 (30)	3 (30)
б) под шайбами при углах смятия от 90 до 60°	$R_{см90}$	4 (40)	4 (40)	4 (40)
5. Скалывание вдоль волокон:				
а) при изгибе неклееных элементов	$R_{ск}$	1,8 (18)	1,6 (16)	1,6 (16)
б) при изгибе клееных элементов	$R_{ск}$	1,6 (16)	1,5 (15)	1,5 (15)
в) в лобовых врубках для максимального напряжения	$R_{ск}$	2,4 (24)	2,1 (21)	2,1 (21)
г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения	$R_{ск}$	2,1 (21)	2,1 (21)	2,1 (21)
6. Скалывание поперек волокон:				
а) в соединениях неклееных элементов	$R_{ск90}$	1 (10)	0,8 (8)	0,6 (6)
б) в соединениях клееных элементов	$R_{ск90}$	0,7 (7)	0,7 (7)	0,6 (6)
7. Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины	$R_{п90}$	0,35 (3,5)	0,3 (3)	0,25 (2,5)

Примечания

1 Расчетное сопротивление древесины местному смятию поперек волокон на части длины (при длине незагруженных участков не менее длины площадки смятия и толщины элементов), за исключением случаев, оговоренных в поз. 4 данной таблицы, определяется по формуле

$$R_{см90} = R_{с90} \left(1 + \frac{8}{l_{см} + 1,2} \right), \quad (1)$$

где $R_{с90}$ - расчетное сопротивление древесины сжатию и смятию по всей поверхности поперек волокон (поз. 3 данной таблицы);

$l_{см}$ - длина площадки смятия вдоль волокон древесины см.

2 Расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон определяется по формуле

$$R_{см\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha}. \quad (2)$$

3 Расчетное сопротивление древесины скалыванию под углом к направлению волокон определяется по формуле

$$R_{ск\alpha} = \frac{R_{ск}}{1 + \left(\frac{R_{ск}}{R_{ск90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha}. \quad (3)$$

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

5 Расчетное сопротивление изгибу для элементов настила и обрешетки под кровлю из древесины 3-го сорта следует принимать равным 13 МПа (130 кгс/см²).

Таблица 4

Древесные породы	Коэффициент m_n для расчетных сопротивлений		
	растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон $R_p, R_{и}, R_c, R_{см}$	сжатию и смятию поперек волокон $R_{с90}, R_{см90}$	скалыванию $R_{ск}$
Хвойные			
1. Лиственница, кроме европейской и японской	1,2	1,2	1
2. Кедр сибирский, кроме кедра 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
Твердые лиственные			
5. Дуб	1,3	2	1,3
6. Ясень, клен, граб	1,3	2	1,6
7. Акация	1,5	2,2	1,8
8. Береза, бук	1,1	1,6	1,3
9. Вяз, ильм	1	1,6	1
Мягкие лиственные			
10. Ольха, липа, осина, тополь	0,8	1	0,8

Примечание. Коэффициенты m_n , указанные в таблице, для конструкций опор воздушных линий электропередачи, изготавливаемых из не пропитанной антисептиками лиственницы (при влажности $\leq 25\%$), умножаются на коэффициент 0,85.

3.2 Расчетные сопротивления, приведенные в таблице 3, следует умножать на коэффициенты условий работы:

а) для различных условий эксплуатации конструкций - на коэффициент m_b , указанный в таблице 5;

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

в) для конструкций, в которых напряжения в элементах, возникающие от постоянных и временных длительных нагрузок, превышают 80 % суммарного напряжения от всех нагрузок, - на коэффициент $m_d = 0,8$;

г) для конструкций, рассчитываемых с учетом воздействия кратковременных (ветровой, монтажной или гололедной) нагрузок, а также нагрузок от тяжения и обрыва проводов воздушных ЛЭП и сейсмической, - на коэффициент m_n , указанный в таблице 6;

д) для изгибаемых, внецентренно-сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов прямоугольного сечения высотой более 50 см значения расчетных сопротивлений изгибу и сжатию вдоль волокон - на коэффициент m_b , указанный в таблице 7;

е) для растянутых элементов с ослаблением в расчетном сечении и изгибаемых элементов из круглых лесоматериалов с подрезкой в расчетном сечении - на коэффициент $m_o = 0,8$;

ж) для элементов, подвергнутых глубокой пропитке антипиренами под давлением, - на

коэффициент $m_a = 0,9$;

и) для изгибаемых, внецентренно-сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов, в зависимости от толщины слоев, значения расчетных сопротивлений изгибу, скалыванию и сжатию вдоль волокон - на коэффициент $m_{сд}$ указанный в таблице 8;

к) для гнутых элементов конструкций значения расчетных сопротивлений растяжению, сжатию и изгибу - на коэффициент $m_{гн}$ указанный в таблице 9.

Таблица 5

Условия эксплуатации (по таблице 1)	Коэффициент m_b	Условия эксплуатации (по таблице 1)	Коэффициент m_b
A1, A2, B1, B2 (C1, C2.1)	1	B2, B3, Г1 (C2.2, C3.2)	0,85
A3, B3, B1 (C2.2, C3.1)	0,9	Г2, Г3 (C4)	0,75

Таблица 6

Нагрузка	Коэффициент m_n	
	для всех видов сопротивлений, кроме смятия поперек волокон	для смятия поперек волокон
1. Ветровая, монтажная, кроме указанной в поз. 3	1,2	1,4
2. Сейсмическая	1,4	1,6
Для опор воздушных линий электропередачи		
3. Гололедная, монтажная, ветровая при гололеде, от тяжения проводов при температуре ниже среднегодовой	1,45	1,6
4. При обрыве проводов и тросов	1,9	2,2

Таблица 7

Высота сечения, см	50 и менее	60	70	80	100	120 и более
Коэффициент m_b	1	0,96	0,93	0,90	0,85	0,8

Таблица 8

Толщина слоя, мм	19 и менее	26	33	42*
Коэффициент $m_{сд}$	1,1	1,05	1	0,95

* см. п. 5.7.

Таблица 9

Напряженное состояние	Обозначение расчетных сопротивлений	Коэффициент $m_{гн}$ при отношении r_k/a			
		150	200	250	500 и более
Сжатие и изгиб	$R_c, R_{ги}$	0,8	0,9	1	1
Растяжение	R_p	0,6	0,7	0,8	1

Примечание. r_k - радиус кривизны гнутой доски или бруска; a - толщина гнутой доски или бруска в радиальном направлении.

Расчетные сопротивления, приведенные в [таблице 3](#), следует разделить на коэффициенты надежности: для конструкций, отнесенных к классам ответственности (по [приложению И](#)) - коэффициент $\gamma_{н/о}$, указанный в таблице 9а.

Таблица 9а

Класс ответственности (по приложению И)	I	II	III
Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_{н/о}$	1,05	1,00	0,90

3.3 Расчетные сопротивления строительной фанеры приведены в таблице 10.

Таблица 10

Вид фанеры	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²)				
	Растяжению в плоскости листа $R_{ф.р}$	сжатию в плоскости листа $R_{ф.с}$	изгибу из плоскости листа $R_{ф.и}$	скалыванию в плоскости листа $R_{ф.ск}$	среза перпендикулярно плоскости листа $R_{ф.ср}$
1. Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов В/ВВ, В/С, ВВ/С:					
а) семислойная толщиной 8 мм и более:					
вдоль волокон	14 (140)	12 (120)	16 (160)	0,8 (8)	6 (60)
поперек волокон наружных слоев	9 (90)	8,5 (85)	6,5 (65)	0,8 (8)	6 (60)
под углом 45° к волокнам	4,5 (45)	7 (70)	-	0,8 (8)	9 (90)
б) пятислойная толщиной 5 - 7 мм:					
вдоль волокон наружных слоев	14 (140)	13 (130)	18 (180)	0,8 (8)	5 (50)
поперек волокон наружных слоев	6 (60)	7 (70)	3 (30)	0,8 (8)	6 (60)
под углом 45° к волокнам	4 (40)	6 (60)	-	0,8 (8)	9 (90)
2. Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов В/ВВ и ВВ/С семислойная толщиной 8 мм и более:					
вдоль волокон наружных слоев	9 (90)	17 (170)	18 (180)	0,6 (6)	5 (50)
поперек волокон наружных слоев	7,5 (75)	13 (130)	11 (110)	0,5 (5)	5 (50)
под углом 45° к волокнам	3 (30)	5 (50)	-	0,7 (7)	7,5 (75)
3. Фанера бакелизированная марки ФСБ толщиной 7 мм и более:					
вдоль волокон наружных слоев	32 (320)	28 (280)	33 (330)	1,8 (18)	11 (110)
поперек волокон наружных слоев	24/240	23 (230)	25 (250)	1,8 (18)	12 (120)
под углом 45° к волокнам	16,5 (165)	21 (210)	-	1,8 (18)	16 (160)
Примечание. Расчетные сопротивления смятию и сжатию перпендикулярно плоскости листа для березовой фанеры марки ФСФ $R_{ф.с90} = R_{ф.см90} = 4$ МПа (40 кгс/см ²) и марки ФСБ $R_{ф.с90} = R_{ф.см90} = 8$ МПа (80 кгс/см ²).					

В необходимых случаях значения расчетных сопротивлений строительной фанеры следует умножать на коэффициенты m_b , m_T , m_d , m_n и m_a , приведенные в [пп. 3.2, а; 3.2, б; 3.2,](#)

г; 3.2, г; 3.2, ж настоящего стандарта.

3.4 Упругие характеристики и расчетные сопротивления стали и соединений стальных элементов деревянных конструкций следует принимать по [СНиП II-23-81*](#) «Стальные конструкции», а арматурных сталей - по [СНиП 52-01-2003](#) «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

Расчетные сопротивления ослабленных нарезкой тяжей из арматурных сталей следует умножать на коэффициент $m_a = 0,8$, а из других сталей - принимать по [СНиП II-23-81*](#), как для болтов нормальной точности. Расчетные сопротивления двойных тяжей следует снижать умножением на коэффициент $m = 0,85$.

3.5 Модуль упругости древесины при расчете по предельным состояниям второй группы следует принимать равным: вдоль волокон $E=10\ 000$ МПа ($100\ 000$ кгс/см²); поперек волокон $E_{90} = 400$ МПа (4000 кгс/см²). Модуль сдвига древесины относительно осей, направленных вдоль и поперек волокон, следует принимать равным $G_{90} = 500$ МПа (5000 кгс/см²). Коэффициент Пуассона древесины поперек волокон при напряжениях, направленных вдоль волокон, следует принимать равным $\nu_{90,0} = 0,5$, а вдоль волокон при напряжениях, направленных поперек волокон, $\nu_{0,90} = 0,02$.

Величины модулей упругости строительной фанеры в плоскости листа E_ϕ и G_ϕ и коэффициенты Пуассона ν_ϕ при расчете по второй группе предельных состояний следует принимать по таблице 11.

Таблица 11

Вид фанеры	Модуль упругости E_ϕ , МПа (кгс/см ²)	Модуль сдвига G_ϕ , МПа (кгс/см ²)	Коэффициент Пуассона ν_ϕ
1. Фанера клееная березовая марки ФСФ сортов В/ВВ, В/С, ВВ/С семислойная и пятислойная:			
вдоль волокон наружных слоев	9 000 (90 000)	750 (7 500)	0,085
поперек волокон наружных слоев	6 000 (60 000)	750 (7 500)	0,065
под углом 45° к волокнам	2 500 (25 000)	3 000 (30 000)	0,6
2. Фанера клееная из древесины лиственницы марки ФСФ сортов В/ВВ и ВВ/С семислойная:			
вдоль волокон наружных слоев	7 000 (70 000)	800 (8 000)	0,07
поперек волокон наружных слоев	5 500 (55 000)	800 (8 000)	0,06
под углом 45° к волокнам	2 000 (20 000)	2 200 (22 000)	0,6
3. Фанера бакелизованная марки ФБС:			
вдоль волокон наружных слоев	12 000 (120 000)	1 000 (10 000)	0,085
поперек волокон наружных слоев	8 500 (85 000)	1 000 (10 000)	0,065
под углом 45° к волокнам	3 500 (35 000)	4 000 (40 000)	0,7

Примечание. Коэффициент Пуассона ν_ϕ , указан для направления перпендикулярно оси, вдоль которой определен модуль упругости E_ϕ .

Модули упругости древесины и фанеры для конструкций, находящихся в различных условиях эксплуатации, подвергающихся воздействию повышенной температуры, совместному воздействию постоянной и временной длительной нагрузок, следует определять умножением указанных выше величин E и G на коэффициент m_v ([таблица 5](#)) и коэффициенты m_T и m_d , приведенные в [пп. 3.2, б](#) и [3.2, в](#) настоящих норм.

Модуль упругости древесины и фанеры в расчетах конструкций (кроме опор ЛЭП) на устойчивость и по деформированной схеме следует принимать равным для древесины $E^I = 300/R_c$ (R_c - расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон, принимаемое по [таблице 3](#)), а

модуль сдвига относительно осей, направленных вдоль и поперек волокон, - $G_{0,90}^I + 0,05E^I$;
для фанеры - $E_{\phi}^I = 250R_{\phi,c}$;

$$G_{\phi}^I = \frac{E_{\phi}^I}{E_{\phi}}$$

($R_{\phi,c}$, E_{ϕ} , G_{ϕ} принимаются по [таблицам 10, 11](#)).

3.6 Расчетные сопротивления конструкционной древесины из однонаправленного шпона (LVL) влажностью 12 %, сорта S:

при изгибе вдоль волокон $R_{д.ш}^и$ - 20 МПа;

при сжатии $R_{д.ш}^c$ и смятии $R_{д.ш}^{cm}$ вдоль волокон, - 20 МПа;

при сжатии $R_{д.ш}^{c,90}$ и смятии $R_{д.ш}^{cm,90}$ поперек волокон - 2,0 МПа;

при растяжении $R_{д.ш}^p$:

вдоль волокон - 18 МПа;

поперек волокон - 0,5 МПа;

при скалывании вдоль волокон $R_{д.ш}^{ск}$:

перпендикулярно плоскости листа - 2,5 МПа;

в плоскости листа - 2,0 МПа.

3.7 Модуль упругости древесины из однонаправленного шпона влажностью 12 % сорта S при расчете по предельным состояниям второй группы вдоль волокон $E_{д.ш}$ следует принимать равным 10 000 МПа; модуль сдвига $G_{д.ш}$ - 400 МПа.

Модули упругости древесины из однонаправленного шпона сорта S для конструкций, находящихся в различных условиях эксплуатации, подвергающихся воздействию повышенной температуры, совместному воздействию постоянной и временной длительной нагрузок, следует определять умножением указанных выше величин $E_{д.ш}$ на коэффициент m_v , приведенный в [таблице 5](#), и коэффициенты m_t и m_d , приведенные в [пп. 3.2, б](#) и [3.2, в](#) настоящего стандарта.

4 Расчет элементов деревянных конструкций

Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям первой группы

Центрально-растянутые и центрально-сжатые элементы

4.1 Расчет центрально-растянутых элементов следует производить по формуле

$$\frac{N}{F_{нт}} \leq R_p \text{ (или } \leq R_{д.ш}^p), \quad (4)$$

где N - расчетная продольная сила;

R_p - расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон;

$R_{д.ш}^p$ - то же, для древесины из однонаправленного шпона ([п. 3.6](#));

$F_{нт}$ - площадь поперечного сечения элемента нетто.

При определении $F_{нт}$ ослабления, расположенные на участке длиной до 200 мм, следует принимать совмещенными в одном сечении.

4.2 Расчет центрально-сжатых элементов постоянного цельного сечения следует производить по формулам:

а) на прочность

$$\frac{N}{F_{нт}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{д.ш}^c); \quad (5)$$

б) на устойчивость

$$\frac{N}{\varphi F_{\text{рас}}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{\text{д.ш}}^c); \quad (6)$$

где R_c - расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон;

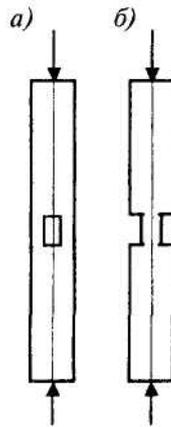
$R_{\text{д.ш}}^c$ - соответственно для древесины из однонаправленного шпона;

φ - коэффициент продольного изгиба, определяемый согласно п. 4.3;

$F_{\text{нт}}$ - площадь нетто поперечного сечения элемента;

$F_{\text{рас}}$ - расчетная площадь поперечного сечения элемента, принимаемая равной:

при отсутствии ослаблений или ослаблениях в опасных сечениях, не выходящих на кромки (рисунок 1, а), если площадь ослаблений не превышает 25 % $E_{\text{бр}}$, $E_{\text{расч}} = F_{\text{бр}}$, где $F_{\text{бр}}$ - площадь сечения брутто; при ослаблениях, не выходящих на кромки, если площадь ослабления превышает 25 % $F_{\text{бр}}$, $F_{\text{рас}} = 4/3 F_{\text{нт}}$; при симметричных ослаблениях, выходящих на кромки (рисунок 1, б), $F_{\text{рас}} = F_{\text{нт}}$.



а - не выходящие на кромку; б - выходящие на кромку

Рисунок 1 - Ослабление сжатых элементов

4.3. Коэффициент продольного изгиба φ следует определять по формулам: при гибкости элемента $\lambda \leq 70$

$$\lambda = 1 - a \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2; \quad (7)$$

при гибкости элемента $\lambda > 70$

$$\varphi = \frac{A}{\lambda^2}, \quad (8)$$

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

коэффициент $A = 3000$ для древесины и $A = 2500$ для фанеры и древесины из однонаправленного шпона.

4.4 Гибкость элементов цельного сечения определяют по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{r}, \quad (9)$$

где l_0 - расчетная длина элемента;

r - радиус инерции сечения элемента с максимальными размерами брутто, соответственно, относительно осей X и Y .

4.5 Расчетную длину элемента l_0 следует определять умножением его свободной длины l на коэффициент μ_0

$$l_0 = l\mu_0 \quad (10)$$

согласно [пп. 4.21](#) и [6.25](#).

4.6 Составные элементы на податливых соединениях, опертые всем сечением, следует рассчитывать на прочность и устойчивость по формулам (5) и (6), при этом $F_{нт}$ и $F_{рас}$ определять, как суммарные площади всех ветвей. Гибкость составных элементов λ следует определять с учетом податливости соединений по формуле

$$\lambda = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_l^2}, \quad (11)$$

где λ_y - гибкость всего элемента относительно оси y ([рисунок 2](#)), вычисленная по расчетной длине элемента l_0 без учета податливости;

λ_l - гибкость отдельной ветви относительно оси I-I (см. [рисунок 2](#)), вычисленная по расчетной длине ветви l_1 ; при l_1 меньше семи толщин (h_1) ветви принимаются с $\lambda_l = 0$;

μ_y - коэффициент приведения гибкости, определяемый по формуле

$$\mu_y = \sqrt{1 + k_c \frac{b h n_{ш}}{l_0^2 n_c}}, \quad (12)$$

где b и h - ширина и высота поперечного сечения элемента, см;

$n_{ш}$ - расчетное число швов в элементе, определяемое числом швов, по которым суммируется взаимный сдвиг элементов (на [рисунке 2, а](#) - 4 шва, на [рисунке 2, б](#) - 5 швов);

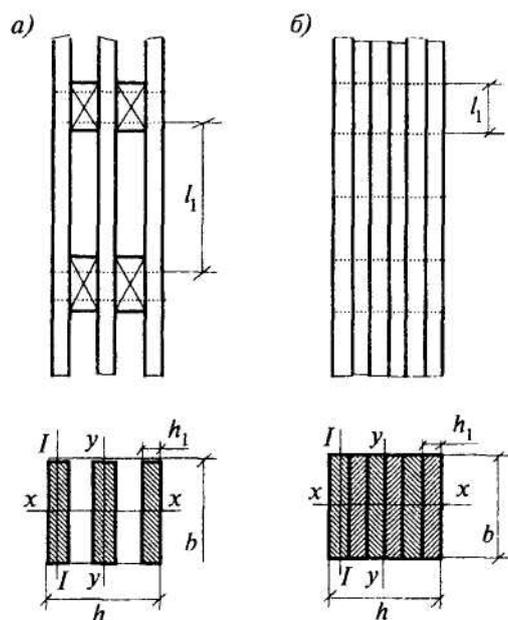
l_0 - расчетная длина элемента, м;

n_c - расчетное число срезов связей в одном шве на 1 м элемента (при нескольких швах с различным числом срезов следует принимать среднее для всех швов число срезов);

k_c - коэффициент податливости соединений, который следует определять по формулам таблицы 12.

Таблица 12

Вид связей	Коэффициент k_c при	
	центральном сжатии	сжатии с изгибом
1. Гвозди	$\frac{1}{10d^2}$	$\frac{1}{5d^2}$
2. Стальные цилиндрические нагели		
а) диаметром $\leq 1/7$ толщины соединяемых элементов	$\frac{1}{5d^2}$	$\frac{1}{2,5d^2}$
б) диаметром $> 1/7$ толщины соединяемых элементов	$\frac{1,5}{ad}$	$\frac{3}{ad}$
3. Дубовые цилиндрические нагели	$\frac{1}{d^2}$	$\frac{1,5}{d^2}$
4. Дубовые пластинчатые нагели	-	$\frac{1,4}{\delta b_{пл}}$
5. Клей	0	0
Примечание - Диаметры гвоздей и нагелей d , толщину элементов a , ширину $b_{пл}$ и толщину δ пластинчатых нагелей следует принимать в см.		



a - с прокладками; *б* - без прокладок

Рисунок 2 - Составные элементы

При определении k_c диаметр гвоздей следует принимать не более 0,1 толщины соединяемых элементов. Если размер заземленных концов гвоздей менее $4d$, то срезы в примыкающих к ним швах в расчете не учитывают. Значение k_c соединений на стальных цилиндрических нагелях следует определять по толщине a более тонкого из соединяемых элементов.

При определении k_c диаметр дубовых цилиндрических нагелей следует принимать не более 0,25 толщины более тонкого из соединяемых элементов.

Связи в швах следует расставлять равномерно по длине элемента. В шарнирно-опертых прямолинейных элементах допускается в средних четвертях длины ставить связи в половинном количестве, вводя в расчет по формуле (12) величину n_c , принятую для крайних четвертей длины элемента.

Гибкость составного элемента, вычисленную по формуле (11), следует принимать не более гибкости λ отдельных ветвей, определяемой по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{\sum I_{i\text{бр}} / F_{\text{бр}}}}, \quad (13)$$

где $\sum I_{i\text{бр}}$ - сумма моментов инерции брутто поперечных сечений отдельных ветвей относительно собственных осей, параллельных оси y (см. рисунок 2);

$F_{\text{бр}}$ - площадь сечения брутто элемента;

l_0 - расчетная длина элемента.

Гибкость составного элемента относительно оси, проходящей через центры тяжести сечений всех ветвей (ось x на рисунке 2), следует определять как для цельного элемента, т.е. без учета податливости связей, если ветви нагружены равномерно. В случае неравномерно нагруженных ветвей следует руководствоваться п. 4.7.

Если ветви составного элемента имеют различное сечение, то расчетную гибкость λ_1 , ветви в формуле (11) следует принимать равной:

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{\sqrt{\sum I_{i\text{бр}} / F_{\text{бр}}}}, \quad (14)$$

определение l_1 приведено на рисунке 2.

4.7 Составные элементы на податливых соединениях, часть ветвей которых не оперта по концам, допускается рассчитывать на прочность и устойчивость по формулам (5), (6) при соблюдении следующих условий:

а) площади поперечного сечения элемента $F_{нт}$ и $F_{рас}$ следует определять по сечению опертых ветвей;

б) гибкость элемента относительно оси y (см. рисунок 2) определяется по формуле (11); при этом момент инерции принимается с учетом всех ветвей, а площадь - только опертых;

в) при определении гибкости относительно оси x (см. рисунок 2) момент инерции следует определять по формуле

$$I = I_o + 0,5I_{но}, \quad (15)$$

где I_o и $I_{но}$ - моменты инерции поперечных сечений соответственно опертых и неопертых ветвей.

4.8 Расчет на устойчивость центрально-сжатых элементов переменного по высоте сечения следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi F_{\max} k_{жN}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{c \text{ д.ш}}^c), \quad (16)$$

где F_{\max} - площадь поперечного сечения брутто с максимальными размерами;

$k_{жN}$ - коэффициент, учитывающий переменность высоты сечения, определяемый по таблице Г.1 приложения Г (для элементов постоянного сечения $k_{жN} = 1$);

φ - коэффициент продольного изгиба, определяемый по п. 4.3 для гибкости, соответствующей сечению с максимальными размерами.

Изгибаемые элементы

4.9 Расчет изгибаемых элементов, обеспеченных от потери устойчивости плоской формы деформирования (см. пп. 4.14 и 4.15), на прочность по нормальным напряжениям следует производить по формуле

$$\frac{M}{W_{расч}} \leq R_{и} \text{ (или } \leq R_{и \text{ д.ш}}^и), \quad (17)$$

где M - расчетный изгибающий момент;

$R_{и}$ - расчетное сопротивление изгибу;

$R_{и \text{ д.ш}}^и$ - расчетное сопротивление изгибу древесины из однонаправленного шпона;

$W_{расч}^и$ - расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента.

Для цельных элементов $W_{расч} = W_{нт}$; для изгибаемых составных элементов на податливых соединениях расчетный момент сопротивления следует принимать равным моменту сопротивления нетто $W_{нт}$, умноженному на коэффициент k_w ; значения k_w для элементов, составленных из одинаковых слоев, приведены в таблице 13. При определении $W_{нт}$ ослабления сечений, расположенные на участке элемента длиной до 200 мм, принимают совмещенными в одном сечении.

Таблица 13 *

Коэффициент	Число слоев в элементе	Значение коэффициента для расчета изгибаемых составных элементов при пролетах, м			
		2	4	6	9 и более
k_w	2	0,7	0,85	0,9	0,9
	3	0,6	0,8	0,85	0,9
	10	0,4	0,7	0,8	0,85

$k_{ж}$	2	0,45	0,65	0,75	0,8
	3	0,25	0,5	0,6	0,7
	10	0,07	0,2	0,3	0,4

* Значения, приведенные в таблице, не распространяются на древесину из однонаправленного шпона.

Примечания

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

2 Для составных балок на наклонно вклеенных связях при числе слоев не более 4, независимо от пролета, следует принимать $k_w = 0,95$, $k_{ж} = 0,9$.

4.10 Расчет изгибаемых элементов на прочность по скалыванию следует выполнять по формуле

$$\frac{QS'_{\text{бр}}}{I_{\text{бр}} b_{\text{рас}}} \leq R_{\text{ск}} \text{ (или } < R_{\text{д.ш}}^{\text{ск}} \text{)}, \quad (18)$$

где Q - расчетная поперечная сила;

$S'_{\text{бр}}$ - статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси;

$I_{\text{бр}}$ - момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси;

$b_{\text{рас}}$ - расчетная ширина сечения элемента;

$R_{\text{ск}}$ - расчетное сопротивление скалыванию при изгибе;

$R_{\text{д.ш}}^{\text{ск}}$ - расчетное сопротивление скалыванию при изгибе древесины из однонаправленного шпона.

4.11 Число срезов связей n_c , равномерно расставленных в каждом шве составного элемента на участке с однозначной эпюрой поперечных сил, должно удовлетворять условию

$$n_c \geq \frac{1,5(M_B - M_A)S'_{\text{бр}}}{TI_{\text{бр}}}, \quad (19)$$

где T - расчетная несущая способность связи в данном шве;

M_A, M_B - изгибающие моменты в начальном А и конечном В сечениях рассматриваемого участка.

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

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

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_{\text{и}} \text{ (или } R_{\text{д.ш}}^{\text{и}} \text{)}, \quad (20)$$

где M_x и M_y - составляющие расчетного изгибающего момента для главных осей сечения x и y ;

W_x и W_y - моменты сопротивлений поперечного сечения нетто относительно главных осей сечения x и y .

4.13 Клееные криволинейные элементы, изгибаемые моментом M , уменьшающим их кривизну, следует проверять на радиальные растягивающие напряжения по формуле

$$\frac{(\sigma_0 + \sigma_1)h_i}{2r_i} \leq R_{\text{р90}}, \quad (21)$$

где σ_0 - нормальное напряжение в крайнем волокне растянутой зоны;

σ_i - нормальное напряжение в промежуточном волокне сечения, для которого определяют радиальные растягивающие напряжения;

h_i - расстояние между крайним и рассматриваемым волокнами;

r_i - радиус кривизны линии, проходящей через центр тяжести части эпюры нормальных растягивающих напряжений, заключенной между крайним и рассматриваемым волокнами;

R_{p90} - расчетное сопротивление древесины растяжению поперек волокон, принимаемое по [поз. 7](#) таблицы 3.

4.14 Устойчивость плоской формы деформирования изгибаемых элементов прямоугольного постоянного сечения следует рассчитывать по формуле

$$\frac{M}{\varphi_M W_{\sigma p}} \leq R_{и} \text{ (или } \leq R_{д.ш}^н), \quad (22)$$

где M - максимальный изгибающий момент на рассматриваемом участке l_p ;

$W_{\sigma p}$ - максимальный момент сопротивления брутто на рассматриваемом участке l_p .

Коэффициент φ_M для изгибаемых элементов прямоугольного постоянного поперечного сечения, шарнирно-закрепленных от смещения из плоскости изгиба и закрепленных от поворота вокруг продольной оси в опорных сечениях, следует определять по формуле

$$\varphi_M = 140 \frac{b^2}{l_p h} k_{\phi}, \quad (23)$$

где l_p - 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_p ;

k_{ϕ} - коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке l_p , определяемый по [таблице Г.2](#) приложения Г настоящих норм.

При расчете изгибаемых элементов с линейно меняющейся по длине высотой и постоянной шириной поперечного сечения, не имеющих закреплений из плоскости по растянутой от момента M кромке, или при $m < 4$ коэффициент φ_M по формуле (23) следует умножать на дополнительный коэффициент $k_{жМ}$. Значения $k_{жМ}$ приведены в [таблице Г.2](#) приложения Г. При $m \geq 4$ $k_{жМ} = 1$.

При подкреплении из плоскости изгиба в промежуточных точках растянутой кромки элемента на участке l_p коэффициент φ_M , определенный по формуле (23), следует умножать на коэффициент $k_{пМ}$:

$$k_{пМ} = 1 + \left[0,142 \frac{l_p}{h} + 1,76 \frac{h}{l_p} + 1,4\alpha_p - 1 \right] \frac{m^2}{m^2 + 1} \quad (24)$$

где α_p - центральный угол в радианах, определяющий участок l_p элемента кругового очертания (для прямолинейных элементов $\alpha_p = 0$);

m - число подкрепленных (с одинаковым шагом) точек растянутой кромки на участке l_p

(при $m \geq 4$ величину $\frac{m^2}{m^2 + 1}$ следует принимать равной 1).

4.15 Проверку устойчивости плоской формы деформирования изгибаемых элементов постоянного двутаврового или коробчатого поперечного сечений следует производить в тех случаях, когда

$$l_p \geq 7b, \quad (25)$$

где b - ширина сжатого пояса поперечного сечения.

Расчет следует производить по формуле

$$\frac{M}{\varphi W_{бр}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{д.ш}^c), \quad (26)$$

где φ - коэффициент продольного изгиба из плоскости изгиба сжатого пояса элемента, определяемый по п. 4.3;

R_c - расчетное сопротивление сжатию;

$R_{д.ш}^c$ - расчетное сопротивление сжатию древесины из однонаправленного шпона;

$W_{бр}$ - момент сопротивления брута поперечного сечения; в случае фанерных стенок - приведенный момент сопротивления в плоскости изгиба элемента.

Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом

4.16 Расчет внецентренно-растянутых и растянуто-изгибаемых элементов следует производить по формуле

$$\frac{N}{F_{расч}} + \frac{MR_p}{W_{расч} R_{и}} \leq R_p, \quad (27)$$

где $W_{расч}$ - расчетный момент сопротивления поперечного сечения (см. п. 4.9);

$F_{расч}$ - площадь расчетного сечения нетто.

Для древесины из однонаправленного шпона в формуле (27) следует использовать соответствующие значения расчетных сопротивлений.

4.17 Расчет на прочность внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов следует производить по формуле

$$\frac{N}{F_{расч}} + \frac{M_{д}}{W_{расч}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{д.ш}^c), \quad (28)$$

где $M_{д}$ - изгибающий момент от действия поперечных и продольных нагрузок, определяемый из расчета по деформированной схеме.

Примечания

1 Для шарнирно-опертых элементов при симметричных эпюрах изгибающих моментов синусоидального, параболического, полигонального и близких к ним очертаний, а также для консольных элементов $M_{д}$ следует определять по формуле

$$M_{д} = \frac{M}{\xi}, \quad (29)$$

где ξ - коэффициент, изменяющийся от 1 до 0, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента, определяемый по формуле

$$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi R_c F_{бр}}, \quad (30)$$

для древесины из однонаправленного шпона

$$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi R_{д.ш}^p F_{бр}},$$

M - изгибающий момент в расчетном сечении без учета дополнительного момента от продольной силы;

φ - коэффициент, определяемый по формуле (8).

2 В случаях, когда в шарнирно-опертых элементах эпюры изгибающих моментов имеют треугольное или прямоугольное очертание, коэффициент по формуле (30) следует умножить на поправочный коэффициент k_n .

$$k_n = \alpha_n + \xi(1 - \alpha_n), \quad (31)$$

где α_n - коэффициент, который следует принимать равным 1,22 при эпюрах изгибающих моментов треугольного очертания (от сосредоточенной силы) и 0,81 - при эпюрах прямоугольного очертания (от постоянного изгибающего момента).

3 При несимметричном загрузении шарнирно-опертых элементов величину изгибающего момента M_d следует определять по формуле

$$M_d = \frac{M_c}{\xi_c} + \frac{M_k}{\xi_k}, \quad (32)$$

где M_c и M_k - изгибающие моменты в расчетном сечении элемента от симметричной и кососимметричной составляющих нагрузки;

ξ_c и ξ_k - коэффициенты, определяемые по формуле (30) при величине гибкости, соответствующей симметричной и кососимметричной формам продольного изгиба.

4 Для элементов, переменных по высоте сечения, площадь $F_{бр}$ в формуле (30) следует принимать для максимального по высоте сечения, а коэффициент φ следует умножить на коэффициент $k_{жN}$, принимаемый по [таблице Г.1](#) приложения Г.

5 При отношении напряжений от изгиба к напряжениям от сжатия менее 0,1, сжато-изгибаемые элементы следует проверять также на устойчивость по формуле (6) без учета изгибающего момента.

4.18 Расчет на устойчивость плоской формы деформирования сжато-изгибаемых элементов следует производить по формуле

$$\frac{N}{\varphi R_c F_{бр}} + \left(\frac{M_d}{\varphi_M R_{и} W_{бр}} \right)^n \leq 1, \quad (33)$$

где $F_{бр}$ - площадь брутто с максимальными размерами сечения элемента на участке l_p ;

$W_{бр}$ - см. [п. 4.14](#);

$n = 2$ - для элементов без закрепления растянутой зоны из плоскости деформирования и $n = 1$ для элементов, имеющих такие закрепления;

φ - коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле (8) для гибкости участка элемента с расчетной длиной l_p из плоскости деформирования;

φ_M - коэффициент, определяемый по формуле (23).

Для древесины из однонаправленного шпона следует принимать соответствующие значения расчетных сопротивлений по [п. 3.6](#).

При наличии в элементе на участке l_p закреплений из плоскости деформирования со стороны растянутой от момента M кромки, коэффициент φ_M следует умножить на коэффициент $k_{пM}$, определяемый по формуле (24), а коэффициент φ - на коэффициент $k_{пN}$ по формуле

$$k_{пN} = 1 + \left[0,75 + 0,06 \left(\frac{l_p}{h} \right)^2 + 0,6 \alpha_p \frac{l_p}{h} - 1 \right] \frac{m^2}{m^2 + 1}, \quad (34)$$

где α_p , l_p , h , m - см. [п. 4.14](#).

При расчете элементов переменного по высоте сечения, не имеющих закреплений из плоскости по растянутой от момента M кромке, или при $m < 4$ коэффициенты φ и φ_M , определяемые по формулам (8) и (23), следует дополнительно умножать, соответственно, на коэффициенты $k_{жN}$ и $k_{жM}$, приведенные в [таблицах Г.1](#) и [Г.2](#) приложения Г.

При $m \geq 4$ $k_{жN} = k_{жM} = 1$.

4.19 В составных сжато-изгибаемых элементах следует проверять устойчивость наиболее напряженной ветви, если расчетная длина ее превышает семикратную толщину ветви, по формуле

$$\frac{N}{F_{бр}} + \frac{M}{W_{бр}} \leq \varphi_1 R_c, \quad (35)$$

где φ_1 - коэффициент продольного изгиба для отдельной ветви, вычисленный по ее расчетной длине l_0 (см. [п. 4.6](#));

$F_{бр}$, $W_{бр}$ - площадь и момент сопротивления брутто поперечного сечения элемента.

Устойчивость сжато-изгибаемого составного элемента из плоскости изгиба следует

проверить по формуле (6) без учета изгибающего момента.

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

$$n_c \geq \frac{1,5M_d S_{бр}}{T I_{бр}}, \quad (36)$$

где $S_{бр}$ - статический момент брутто сдвигаемой части поперечного сечения относительно нейтральной оси;

$I_{бр}$ - момент инерции брутто поперечного сечения элемента;

T - расчетная несущая способность одной связи в данном шве;

M_d - изгибающий момент, определяемый по п. 4.17.

Расчетные длины и предельные гибкости элементов деревянных конструкций

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

при шарнирно-закрепленных концах, а также при шарнирном закреплении в промежуточных точках элемента - 1;

при одном шарнирно-закрепленном и другом защемленном конце - 0,8;

при одном защемленном и другом свободном нагруженном конце - 2,2;

при обоих защемленных концах - 0,65.

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

при обоих шарнирно-закрепленных концах - 0,73;

при одном защемленном и другом свободном конце - 1,2.

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

при проверке устойчивости в плоскости конструкций - расстоянию от центра узла до точки пересечения элементов;

при проверке устойчивости из плоскости конструкции:

а) в случае пересечения двух сжатых элементов - полной длине элемента;

б) в случае пересечения сжатого элемента с неработающим - величине l_1 умноженной на коэффициент μ_0 :

$$\mu_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{l_1 \lambda_1^2 F_2}{l_2 \lambda_2^2 F_1}}}, \quad (37)$$

где l_1, λ_1, F_1 - полная длина, гибкость и площадь поперечного сечения сжатого элемента;

l_2, λ_2, F_2 - длина, гибкость и площадь поперечного сечения неработающего элемента.

Величину μ_0 следует принимать не менее 0,5;

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

Если пересекающиеся элементы имеют составное сечение, то в формулу (37) следует подставлять соответствующие значения гибкости, определяемые по формуле (11).

4.22 Гибкость элементов и их отдельных ветвей в деревянных конструкциях не должна превышать значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14

Наименование элементов конструкций	Предельная гибкость λ_{\max}
------------------------------------	--------------------------------------

1. Сжатые пояса, опорные раскосы и опорные стойки ферм, колонны	120
2. Прочие сжатые элементы ферм и других сквозных конструкций	150
3. Сжатые элементы связей	200
4. Растянутые пояса ферм в вертикальной плоскости	150
5. Прочие растянутые элементы ферм и других сквозных конструкций	200
Для опор воздушных линий электропередачи	
6. Основные элементы (стойки, приставки, опорные раскосы)	150
7. Прочие элементы	175
8. Связи	200

Примечание - Для сжатых элементов переменного сечения величина предельной гибкости λ_{\max} умножается на $\sqrt{k_{жN}}$, где коэффициент $k_{жN}$ принимается по [таблице Г.1](#) приложения Г.

Особенности расчета клееных элементов из фанеры с древесиной

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

4.24 Прочность растянутой фанерной обшивки плит (рисунок 3) и панелей следует проверять по формуле

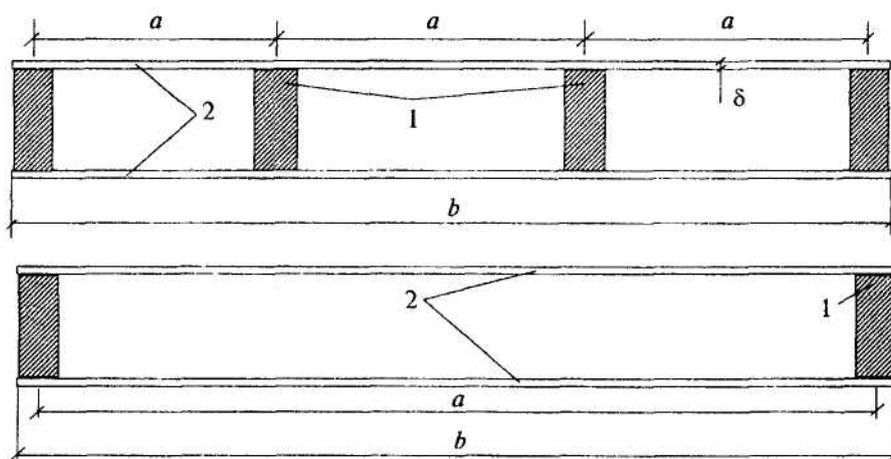
$$\frac{M}{W_{пр}} \leq m_{\phi} R_{\phi.p}, \quad (38)$$

где M - расчетный изгибающий момент;

$R_{\phi.p}$ - расчетное сопротивление фанеры растяжению;

m_{ϕ} - коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления в стыках фанерной обшивки, принимаемый равным при усовом соединении или с двусторонними накладками: $m_{\phi} = 0,6$ для фанеры обычной и $m_{\phi} = 0,8$ для фанеры бакелизированной; при отсутствии стыков $m_{\phi} = 1$;

$W_{пр}$ - момент сопротивления поперечного сечения, приведенного к фанере, который следует определять в соответствии с указаниями п. 4.25.



1 - продольные ребра; 2 - обшивка

Рисунок 3 - Поперечное сечение клееных плит из фанеры и древесины

4.25 Приведенный момент сопротивления поперечного сечения клееных элементов из фанеры с древесиной следует определять по формуле

$$W_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{пр}}}{y_0}, \quad (39)$$

где y_0 - расстояние от центра тяжести приведенного сечения до нижней грани обшивки;
 $I_{\text{пр}}$ - момент инерции сечения, приведенного к фанере

$$I_{\text{пр}} = I_{\phi} + I \frac{E}{E_{\phi}}, \quad (40)$$

где I_{ϕ} - момент инерции поперечного сечения фанерных обшивок;
 I - момент инерции поперечного сечения деревянных ребер каркаса;
 E/E_{ϕ} - отношение модулей упругости древесины и фанеры.

При определении приведенных моментов инерции и приведенных моментов сопротивления расчетную ширину фанерных обшивок следует принимать равной $b_{\text{рас}} = 0,9b$ при $l \geq 6a$ и $b_{\text{рас}} = 0,15a^{-1}b$ при $l < 6a$ (b - полная ширина сечения плиты, l - пролет плиты, a - расстояние между продольными ребрами по осям).

4.26 Устойчивость сжатой обшивки плит и панелей следует проверять по формуле

$$\frac{M}{\varphi_{\phi} W_{\text{пр}}} \leq R_{\phi,с}, \quad (41)$$

где $\varphi_{\phi} = \frac{1250}{(a/\delta)^2}$ при $\frac{a}{\delta} \geq 50$;

$\varphi_{\phi} = 1 - \frac{(a/\delta)^2}{5000}$ при $\frac{a}{\delta} > 50$

(a - расстояние между ребрами в свету; δ - толщина фанеры).

Верхнюю обшивку плит дополнительно следует проверять на местный изгиб от сосредоточенного груза $P = 1$ кН (100 кгс) (с коэффициентом перегрузки $n = 1,2$), как заделанную в местах приклеивания к ребрам пластинку.

4.27 Проверку на скалывание ребер каркаса плит и панелей или обшивки по шву в месте примыкания ее к ребрам следует производить по формуле

$$\frac{QS_{\text{пр}}}{I_{\text{пр}} b_{\text{рас}}} \leq R_{\text{ск}}, \quad (42)$$

где Q - расчетная поперечная сила;

$S_{\text{пр}}$ - статический момент сдвигаемой части приведенного сечения относительно нейтральной оси;

$R_{\text{ск}}$ - расчетное сопротивление скалыванию древесины вдоль волокон или фанеры вдоль волокон наружных слоев;

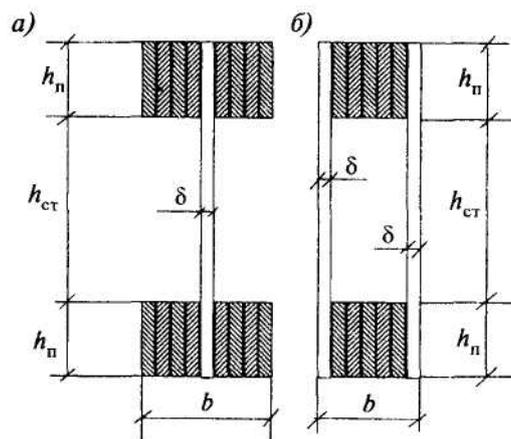
b - расчетная ширина сечения, которую следует принимать равной суммарной ширине ребер каркаса.

4.28 Расчет на прочность поясов изгибаемых элементов двутаврового и коробчатого сечений с фанерными стенками (рисунок 4) следует производить по формуле (17), принимая $W_{\text{рас}} = W_{\text{пр}}$, при этом напряжения в растянутом поясе не должны превышать R_p , а в сжатом - φR_c (φ - коэффициент продольного изгиба из плоскости изгиба).

4.29 При проверке стенки на срез по нейтральной оси, в формуле (42) значение $R_{\text{ск}}$ принимается равным $R_{\phi,ср}$, а расчетная ширина $b_{\text{рас}}$ равна:

$$b_{\text{рас}} = \Sigma \delta_{\text{ст}}, \quad (43)$$

где $\Sigma \delta_{\text{ст}}$ - суммарная толщина стенок.



a - двутавровое сечение; *б* - коробчатое сечение

Рисунок 4 - Поперечные сечения клееных балок с плоской фанерной стенкой

При проверке скалывания по швам между поясами и стенкой, в формуле (42) $R_{ск} = R_{ф.ск}$, а расчетную ширину сечения следует принимать равной:

$$b_{рас} = nh_n, \quad (44)$$

где h_n - высота поясов;

n - число вертикальных швов.

4.30 Прочность стенки в опасном сечении на действие главных растягивающих напряжений в изгибаемых элементах двутаврового и коробчатого сечений следует проверять по формуле

$$\frac{\sigma_{ст}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{ст}}{2}\right)^2 + \tau_{ст}^2} \leq R_{ф.р.\alpha}, \quad (45)$$

где $R_{ф.р.\alpha}$ - расчетное сопротивление фанеры растяжению под углом α , определяемое по графику [рисунка Д.1](#) приложения Д;

$\sigma_{ст}$ - нормальное напряжение в стенке от изгиба на уровне внутренней кромки поясов;

$\tau_{ст}$ - касательные напряжения в стенке на уровне внутренней кромки поясов;

α - угол, определяемый из зависимости

$$tg 2\alpha = \frac{2\tau_{ст}}{\sigma_{ст}}. \quad (46)$$

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

$$\frac{h_{см}}{\delta} > 50, \quad (47)$$

где $h_{см}$ - высота стенки между внутренними гранями полок;

δ - толщина стенки.

Расчет следует производить по формуле

$$\frac{\sigma_{ст}}{k_n \left(\frac{100\delta}{h_{ст}}\right)^2} + \frac{\tau_{ст}}{k_\tau \left(\frac{100\delta}{h_{рас}}\right)^2} \leq 1, \quad (48)$$

где k_n и k_τ - коэффициенты, определяемые по графикам [рисунков Д.2](#) и [Д.3](#) приложения Д;

$h_{рас}$ - расчетная высота стенки, которую следует принимать равной $h_{ст}$ при расстоянии между ребрами $a \geq h_{ст}$ и равной a при $a < h_{ст}$.

При поперечном по отношению к оси элемента расположении наружных волокон фанерной стенки проверку устойчивости следует производить по формуле (48) на действие только касательных напряжений в тех случаях, когда

$$\frac{h_{ст}}{\delta} > 80. \quad (49)$$

Расчет элементов деревянных конструкций по предельным состояниям второй группы

4.31 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 15, а при неполном - пропорциональной действующему на соединение усилию.

Таблица 15

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

4.32 Прогибы и перемещения элементов конструкций не должны превышать предельных, установленных [СНиП 2.01.07](#) и таблицей 16.

4.33 Прогиб изгибаемых элементов следует определять по моменту инерции поперечного сечения брутто. Для составных сечений момент инерции умножается на коэффициент $k_{ж}$, учитывающий сдвиг податливых соединений и приведенный в [таблице 13](#).

Таблица 16

Элементы конструкций	Предельные прогибы в долях пролета, не более
1. Балки междуэтажных перекрытий	1/250
2. Балки чердачных перекрытий	1/200
3. Покрытия (кроме ендов):	
а) прогоны, стропильные ноги	1/200
б) балки консольные	1/150
в) фермы, клееные балки (кроме консольных)	1/300
г) плиты	1/250
д) обрешетки, настилы	1/150
4. Несущие элементы ендов	1/400
5. Панели и элементы фахверха	1/250
Примечания	
1 При наличии штукатурки, прогиб элементов перекрытий только от длительной временной нагрузки не должен превышать 1/350 пролета.	
2 При наличии строительного подъема, предельный прогиб клееных балок допускается увеличивать до 1/200 пролета.	

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

$$f = \frac{f_0}{k} \left[l + c \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right], \quad (50)$$

где f_0 - прогиб балки постоянного сечения высотой h без учета деформаций сдвига;

h - наибольшая высота сечения;

l - пролет балки;

k - коэффициент, учитывающий влияние переменности высоты сечения, принимаемый равным 1 для балок постоянного сечения;

c - коэффициент, учитывающий влияние деформаций сдвига от поперечной силы.

Значения коэффициентов k и c для основных расчетных схем балок приведены в [таблице Г.3](#) приложения Г.

4.34 Прогиб клееных элементов из фанеры с древесиной следует определять, принимая жесткость сечения равной $0,7EI_{пр}$. Расчетная ширина обшивок плит и панелей при определении прогиба принимается в соответствии с указаниями [п. 4.25](#).

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

$$f_N = \frac{f}{\xi}, \quad (51)$$

где f - прогиб, определяемый по формуле (50);

ξ - коэффициент, определяемый по формуле (30).

Особенности расчета балок композитного сечения

4.36 Изгибающие моменты, усилия и напряжения в элементах композитной балки следует, в общем случае, определять суммированием силовых факторов, возникающих на различных стадиях и этапах работы, соответствующих условиям возведения и загрузки конструкции.

Для нахождения изгибающих моментов, сдвигающих и отрывающих усилий между железобетоном и деревом, внутренних напряжений, а также при определении общих деформаций работа бетона принимается, как правило, упругой, независимо от величины и знака напряжений в бетоне. При этом, в необходимых случаях учитывается ползучесть бетона.

4.37 В расчетах композитных балок, выполняемых в предположении упругой работы бетона, следует использовать коэффициенты приведения m к древесине геометрические характеристики поперечных сечений этих балок.

$$m = \frac{E_b}{E}, \quad (52)$$

где E_b - модуль упругости железобетона;

E - модуль упругости древесины вдоль волокон.

Высота деревянного ребра принимается равной:

$(1/15-1/25)l$ - для разрезных балок;

$(1/20-1/30)l$ - для неразрезных балок, где l - пролет балок.

Толщина железобетонной плиты принимается равной 80-150 мм. Угол наклона клеенных анкеров $\alpha = 30-45^\circ$.

Расстояния между осями клеенных анкеров вдоль волокон (см. [рисунок 17](#)) следует принимать не менее:

$S_1 = 14d$ при $\alpha = 30^\circ$;

$S_1 = 10d$ при $\alpha = 45^\circ$.

Расстояние от оси анкера до торца по направлению волокон следует принимать не менее $5d$.

Расстояния в направлении поперек волокон следует принимать:

$S_2 \geq 3d$ - между осями анкеров;

$S_3 \geq 2d$, но не менее 30 мм - от оси анкера до кромки.

4.38 Расчет ведется в 2 стадии:

1-я стадия - расчет деревянного ребра на вес железобетонной плиты;

2-я стадия - расчет на постоянные и временные нагрузки.

4.39 Напряжения по нижней грани деревянного ребра проверяют по формуле

$$\sigma_{др} = \sigma_{др1} + \sigma_{др2} \leq R_p, \quad (53)$$

где $\sigma_{др1} = \frac{M_1}{W_{др}}$ - напряжение в ребре на первой стадии;

$\sigma_{др2} = \frac{M_2}{W_{пр}}$ - напряжение в ребре на второй стадии;

M_1 - изгибающий момент от веса железобетонной плиты;

M_2 - изгибающий момент от расчетной нагрузки (кроме веса железобетонной плиты);

$W_{др}$ - момент сопротивления деревянного ребра;

$W_{пр} = \frac{I_{пр}}{y}$ - момент сопротивления композитного сечения, приведенного к древесине;

y - расстояние от нейтральной оси приведенного сечения по нижней грани балки.

4.40 Напряжения по верхней грани железобетонной плиты проверяют по формуле

$$\sigma_b = M_2 / W_{b.п.} \leq R_b, \quad (54)$$

где $W_{b.пр}$ - момент сопротивления композитного сечения, приведенного к бетону;

R_b - расчетное сопротивление бетона растяжению.

4.41 Расчетная ширина железобетонной плиты принимается равной расстоянию между ребрами, но не более 1/6 пролета. При толщине плиты менее 1/10 высоты композитной балки, расчетная ширина свеса принимается не более 6-кратной толщины плиты.

4.42 Требуемое число анкеров определяется из расчета на сдвиг по плоскости скалывания плиты и ребер.

Несущая способность одного анкера на сдвиг определяется по формуле

$$T \leq F_a R_a \cos \alpha + 100d^2 \sqrt{R_b} \sin \alpha, \quad (55)$$

где F_a - площадь поперечного сечения анкера;

R_a - расчетное сопротивление материала анкера на растяжение;

d - номинальный диаметр анкера;

R_b - расчетное сопротивление бетона на осевое сжатие (призменная прочность).

5 Расчет соединений элементов деревянных конструкций

Общие указания

5.1 Действующее на соединение (связь) усилие не должно превышать расчетной несущей способности соединения (связи) T .

5.2 Расчетную несущую способность соединений, работающих на смятие и скалывание, следует определять по формулам:

а) из условия смятия древесины

$$T = R_{см\alpha} F_{см}; \quad (56)$$

б) из условия скалывания древесины

$$T = R_{ск}^{cp} F_{ск}, \quad (57)$$

где $F_{см}$ - расчетная площадь смятия;

$F_{\text{ск}}$ - расчетная площадь скалывания;

$R_{\text{см}\alpha}$ - расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон;

$R_{\text{ск}}^{\text{cp}}$ - расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон, определяемое в п. 5.3.

При использовании древесины из однонаправленного шпона в формулах (56) и (57) следует использовать соответствующие значения $R_{\text{д.ш}}^{\text{см}}$ и $R_{\text{д.ш}}^{\text{ск}}$.

5.3 Среднее по площадке скалывания расчетное сопротивление древесины скалыванию следует определять по формуле

$$R_{\text{ск}}^{\text{cp}} = \frac{R_{\text{ск}}}{1 + \beta \frac{l_{\text{ск}}}{e}}, \quad (58)$$

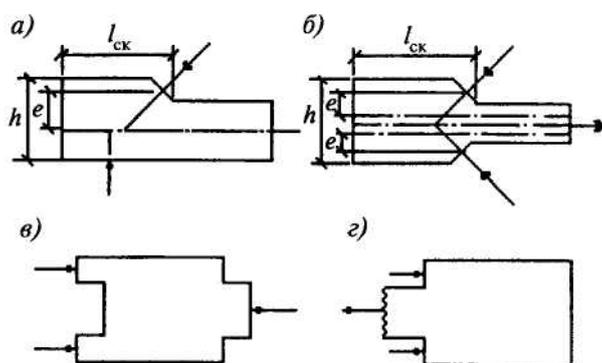
где $R_{\text{ск}}$ - расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон (при расчете по максимальному напряжению); или $R_{\text{д.ш}}^{\text{ск}}$ - для древесины из однонаправленного шпона;

$l_{\text{ск}}$ - расчетная длина плоскости скалывания, принимаемая не более 10-кратной глубины врезки в элемент;

e - плечо сил скалывания, принимаемое равным $0,5h$ при расчете элементов с несимметричной врезкой в соединениях без зазора между элементами (рис. 5, а) и $0,25h$ при расчете симметрично загруженных элементов с симметричной врезкой (рис. 5, б); (h - полная высота поперечного сечения элемента);

β - коэффициент, принимаемый равным $0,25$ при расчете соединений, работающих по схеме, показанной на рис. 5, з и $\beta = 0,125$ при расчете соединений, работающих по схеме согласно рис. 5, в, если обеспечено обжатие по плоскостям скалывания.

Отношение $l_{\text{ск}}/e$ должно быть не менее 3.



а - несимметричная; б - симметричная; в, г - схемы скалывания в соединениях

Рисунок 5 - Врезки в элементах соединений

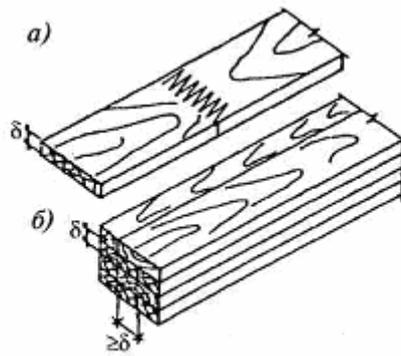
Клеевые соединения

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

5.5 Клеевые соединения следует использовать:

а) для стыкования отдельных слоев на зубчатом соединении (рисунок 6, а);

б) для образования сплошного сечения (пакетов) путем сплачивания слоев по высоте и ширине сечения. При этом по ширине пакета швы склеиваемых кромок в соседних слоях следует сдвигать не менее чем на толщину слоя 5 по отношению друг к другу (рисунок 6, б). По длине пакета зубчатые шипы в соседних слоях следует сдвигать не менее чем на 5-кратную толщину слоя. При этом в одном сечении пакета не должно совпадать более 25 % слоев с зубчатыми шипами, кроме крайних слоев растянутой зоны изгибаемых элементов, где допускается совпадение не более двух слоев;



a - при стыковании отдельных слоев по длине зубчатым шипом, выходящим на пласт; *б* - при образовании пакетов и сплачивании по пласти и кромке; *в* - при стыковании клееных элементов под углом зубчатым шипом

Рисунок 6 - Клеевые соединения

5.6 Применение усового соединения допускается для фанеры вдоль волокон наружных слоев. Длину усового соединения следует принимать не менее 10-кратной толщины стыкуемых элементов.

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

5.8 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°.

Примечание - Соединения на клеенных стержнях рассмотрены в [пп. 5.30-5.45](#).

Соединения на врубках

5.9 Узловые соединения элементов из брусьев и круглого леса на лобовых врубках следует выполнять с одним зубом (рисунок 7).

Рабочая плоскость смятия во врубках при соединении элементов, не испытывающих поперечного изгиба, должна располагаться перпендикулярно оси примыкающего сжатого элемента. Если примыкающий элемент, помимо сжатия, испытывает поперечный изгиб, рабочую плоскость смятия во врубках следует располагать перпендикулярно равнодействующей осевой и поперечной сил.

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

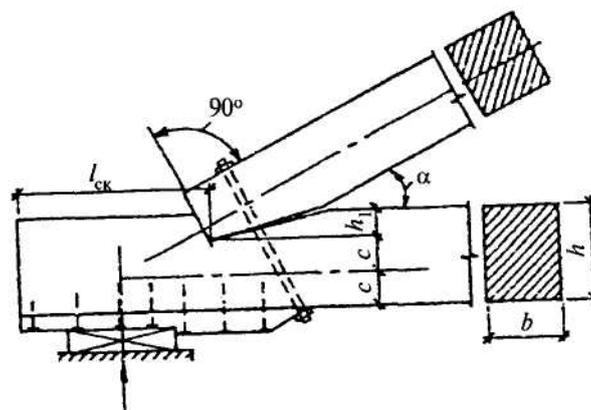


Рисунок 7 - Лобовая врубка с одним зубом

5.10 Лобовые врубки следует рассчитывать на скалывание, согласно указаниям [пп. 5.2 и 5.3](#), принимая расчетное сопротивление скалыванию по [п. 5](#) таблицы 3.

5.11 Длину плоскости скалывания лобовых врубок следует принимать не менее $1,5h$, где h - полная высота сечения скалываемого элемента.

Глубину врубки следует принимать не более $\frac{1}{4}h$ в промежуточных узлах сквозных конструкций и не более $\frac{1}{3}h$ в остальных случаях, при этом глубина врубок h_1 в брусках должна быть не менее 2 см, а в круглых лесоматериалах - не менее 3 см.

5.12 Расчет на смятие лобовых врубок с одним зубом следует производить по плоскости смятия (см. рисунок 7). Угол смятия древесины α следует принимать равным углу между направлениями сминающего усилия и волокон сминаемого элемента.

Расчетное сопротивление древесины смятию под углом к волокнам для лобовых врубок следует определять по формуле (2) примечания 2 к таблице 3, независимо от размеров площади смятия.

Соединения на цилиндрических нагелях

5.13 Расчетную несущую способность цилиндрического нагеля на один шов сплачивания в соединениях элементов из сосны и ели, в том числе клееных, и древесины из однонаправленного шпона (рисунок 8) при направлении усилий, передаваемых нагелями вдоль волокон, гвоздями под любым углом и стальными нагелями, установленными в торец клееных деревянных элементов, следует определять по [таблице 17](#). В необходимых случаях расчетную несущую способность цилиндрического нагеля, определенную по [таблице 17](#), следует устанавливать с учетом указаний п. 5.15.

5.14 Расчетную несущую способность цилиндрических нагелей при направлении передаваемого нагелем усилия под углом к волокнам следует определять согласно п. 5.13 с умножением:

а) на коэффициент k_α ([таблица 19](#)) при расчете на смятие древесины в нагельном гнезде;

б) на величину $\sqrt{k_\alpha}$ при расчете нагеля на изгиб; угол α следует принимать равным большему из углов смятия нагелем элементов, прилегающих к рассматриваемому шву.

5.15 Расчетную несущую способность нагелей в соединениях элементов конструкций из древесины других пород, в различных условиях эксплуатации, в условиях повышенной температуры, при действии только постоянных и длительных временных нагрузок следует определять согласно пп. 5.13 и 5.14 с умножением:

а) на соответствующий коэффициент по [таблицам 4, 5, 6](#) и [пп. 3.2, б](#) и [3.2, в](#) при расчете нагельного соединения из условия смятия древесины в нагельном гнезде;

б) на корень квадратный из этого коэффициента при расчете нагельного соединения из условия изгиба нагеля.

5.16 Нагельное соединение со стальными накладками и прокладками на болтах или глухих цилиндрических нагелях ([рисунок 9](#)) допускается применять в тех случаях, когда обеспечена необходимая плотность постановки нагелей.

Глухие стальные цилиндрические нагели должны иметь заглубление в древесину не менее 5 диаметров нагеля и не менее 10 диаметров нагеля при установке в торец. В последнем случае диаметр отверстия должен быть на 1 мм меньше диаметра нагеля.

Нагельные соединения со стальными накладками и прокладками следует рассчитывать согласно указаниям [пп. 5.13-5.15](#), причем в расчете из условия изгиба ([поз. 3](#) таблицы 17) следует принимать наибольшее значение несущей способности нагеля.

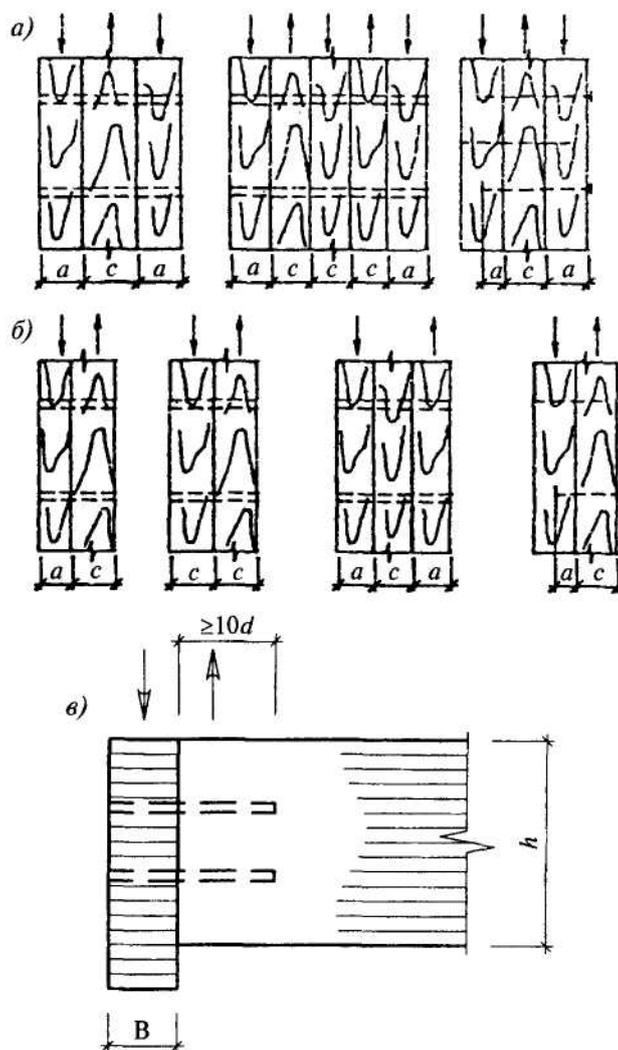
Стальные накладки и прокладки следует проверять на растяжение по ослабленному сечению и на смятие под нагелем.

5.17 Несущую способность соединения на цилиндрических нагелях из одного материала, но разных диаметров следует определять, как сумму несущих способностей всех нагелей, за исключением растянутых стыков, для которых вводится снижающий коэффициент 0,9.

5.18 Расстояние между осями цилиндрических нагелей вдоль волокон древесины S_1 , поперек волокон S_2 и от кромки элемента S_3 ([рисунок 10](#)) следует принимать не менее:

для стальных нагелей $S_1 = 7d$; $S_2 = 3,5d$; $S_3 = 3d$;

для алюминиевых и стеклопластиковых нагелей $S_1 = 6d$; $S_2 = 3,5d$; $S_3 = 3d$;



a - симметричные; *б* - несимметричные; *в* - в торец клееного элемента

Рисунок 8 - Нагельные соединения

Таблица 17

Схемы соединений	Напряженное состояние соединения	Расчетная несущая способность T на один шов сплачивания (условный срез), кН (кгс)	
		гвоздя, стального, алюминиевого, стеклопластикового нагеля	дубового нагеля
1. Симметричные соединения (рисунок 8, а)	а) смятие в средних элементах	$0,5cd$ ($50cd$)	$0,3cd$ ($30cd$)
	б) смятие в крайних элементах	$0,8ad$ ($80ad$)	$0,5ad$ ($50ad$)
2. Несимметричные соединения (рис. 8, б)	а) смятие во всех элементах равной толщины, а также в более толстых элементах односрезных соединений	$0,35cd$ ($35cd$)	$0,2cd$ ($20cd$)
	б) смятие в более толстых средних элементах двухсрезных соединений при $a \leq 0,5c$	$0,25cd$ ($25cd$)	$0,14cd$ ($14cd$)
	в) смятие в более тонких крайних элементах при $a \leq 0,35c$	$0,8ad$ ($80ad$)	$0,5ad$ ($50ad$)
	г) смятие в более тонких элементах	$k_{н}ad$	$k_{н}ad$

3. Симметричные и несимметричные соединения	односрезных соединений и в крайних элементах при $c > a > 0,35c$		
	а) изгиб гвоздя	$2,5d^2+0,01a^2$ ($250d^2+a^2$), но не более $4a^2$ ($400d^2$)	-
	б) изгиб нагеля из стали А240	$1,8d^2+0,02a^2$ ($180d^2+2a^2$), но не более $2,5d^2$ ($250d^2$)	-
	в) изгиб нагеля из алюминиевого сплава Д16-Т	$1,6d^2+0,02a^2$ ($160d^2+2a^2$), но не более $2,2d^2$ ($220d^2$)	-
	г) изгиб нагеля из стеклопластика АГ-4С	$1,45d^2+0,02a^2$ ($145d^2+2a^2$), но не более $1,8d^2$ ($180d^2$)	-
	д) изгиб нагеля из древесно-слоистого пластика ДСПБ	$0,8d^2+0,02a^2$ ($80d^2+2a^2$), но не более ($100d^2$)	-
	е) изгиб дубового нагеля	-	$0,45d^2+0,02a^2$ ($45d^2+2a^2$), но не более $0,65d^2$ ($65d^2$)
4. Соединения на нагелях в торец: - с металлической накладкой (рисунк 9, в, з; 10, в, з); - с деревянной накладкой (рисунк 8, в; 10, в, з)	Изгиб нагеля из стали А240	$150d^2$	-
		d^2	-

Примечания

1 В таблице: c - толщина средних элементов, а также равных по толщине или более толстых элементов односрезных соединений, a - толщина крайних элементов, а также более тонких элементов односрезных соединений; d - диаметр нагеля; все размеры в см.

2 Расчетную несущую способность нагеля в двухсрезных несимметричных соединениях при неодинаковой толщине элементов следует определять с учетом следующего:

а) расчетную несущую способность нагеля из условия смятия в среднем элементе толщиной c при промежуточных значениях a между c и $0,5c$ следует определять интерполяцией между значениями по поз. 2а и 2б таблицы;

б) при толщине крайних элементов $a > c$ расчетную несущую способность нагеля следует определять из условия смятия в крайних элементах по поз. 2а таблицы с заменой c на a ;

в) при определении расчетной несущей способности из условий изгиба нагеля толщину крайнего элемента a в поз. 3 таблицы следует принимать не более $0,6c$.

3 Значения коэффициента k_n для определения расчетной несущей способности при смятии в более тонких элементах односрезных соединений при $c \geq a \geq 0,35c$ приведены в таблице 18.

4 Расчетную несущую способность нагеля в рассматриваемом шве следует принимать равной меньшему из всех значений, полученных по формулам таблицы 17.

5 Расчет нагельных соединений на скалывание производить не следует, если выполняются условия расстановки нагелей в соответствии с пп. 5.18 и 5.22.

6 Диаметр нагеля d следует назначать из условия наиболее полного использования его несущей способности по изгибу.

7 Число нагелей n_n в соединении, кроме гвоздевого, следует определять по формуле

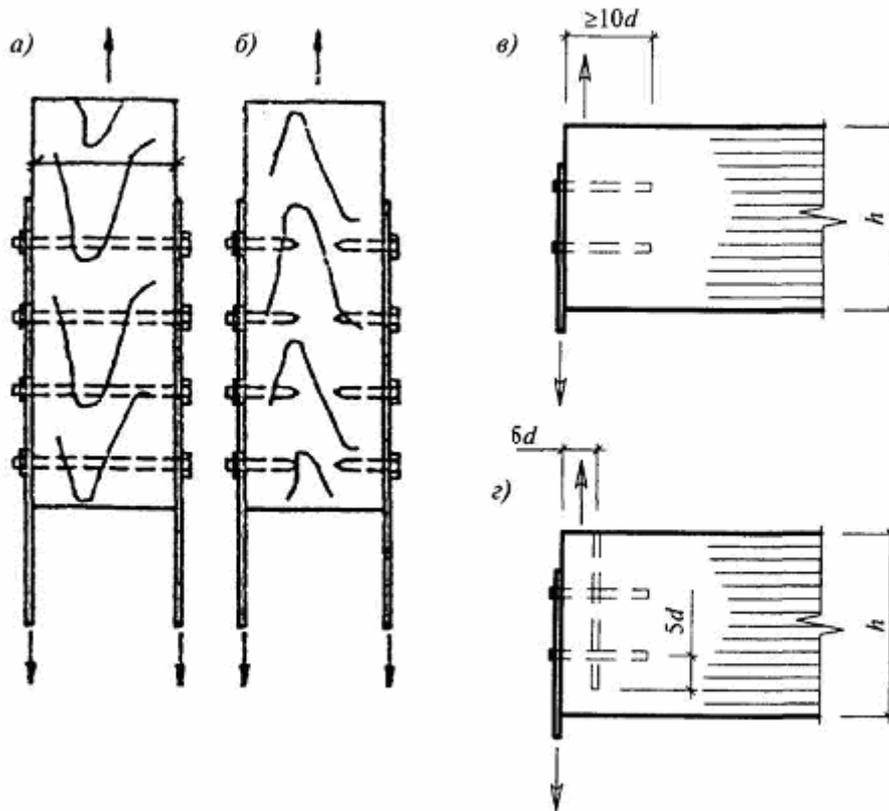
$$n_n = \frac{N}{Tn_{ш}} \geq 2, \quad (59)$$

где N - расчетное усилие;

T - наименьшая расчетная несущая способность, найденная по формулам таблицы 17;

$n_{ш}$ - число расчетных швов одного нагеля.

8 В соединениях число нагелей должно быть не менее 2. Исключение могут составлять нагели, устанавливаемые конструктивно (например, на период сборки и монтажа).



а - на болтах; *б* - на глухих цилиндрических нагелях; *в* - на глухих цилиндрических нагелях, установленных в торец клееного элемента; *г* - то же, с усилением поперечным армированием

Рисунок 9 - Нагельные соединения со стальными накладками

Таблица 18

Вид нагеля	Значения коэффициент k_n для односрезных соединений при a/c						
	0,35	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Гвоздь стальной, алюминиевый и стеклопластиковый нагель	$\frac{0,8}{80}$	$\frac{0,58}{58}$	$\frac{0,48}{48}$	$\frac{0,43}{43}$	$\frac{0,39}{39}$	$\frac{0,37}{37}$	$\frac{0,35}{35}$
Дубовый нагель	$\frac{0,5}{50}$	$\frac{0,5}{50}$	$\frac{0,44}{44}$	$\frac{0,38}{38}$	$\frac{0,32}{32}$	$\frac{0,26}{26}$	$\frac{0,2}{20}$

Примечание - В знаменателе указаны значения k_n для T в кгс

для стальных нагелей, в том числе нагелей, устанавливаемых в древесину из однонаправленного шпона, $S_1 = 6d$; $S_2 = 3d$; $S_3 = 3d$;

для дубовых нагелей $S_1 = 5d$; $S_2 = 3d$; $S_3 = 2,5d$.

При толщине пакета b меньше $10d$ (см. рисунок 10) допускается принимать:

для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей $S_1 = 6d$; $S_2 = 3d$; $S_3 = 2,5d$;

для дубовых нагелей $S_1 = 4d$; $S_2 = S_3 = 2,5d$;

для стальных нагелей, установленных в торец, расстановку нагелей принимать по рисунку 10, *в* и *г*.

Таблица 19

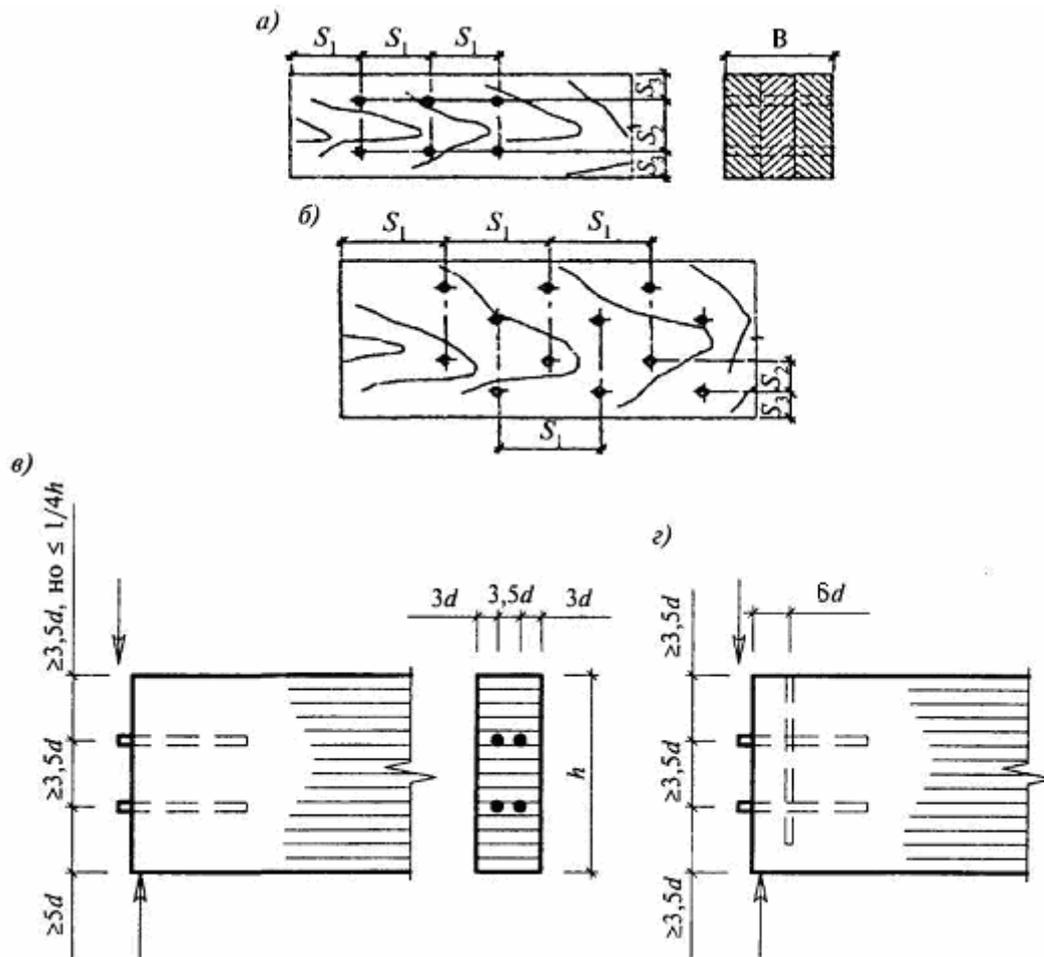
Угол, град	Коэффициент k_a				для дубовых нагелей
	для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей диаметром, мм				
	12	16	20	24	

30	0,95	0,9	0,9	0,9	1
60	0,75	0,7	0,65	0,6	0,8
90	0,7	0,65	0,55	0,5	0,7

Примечания

1 Значение k_a для промежуточных углов определяется интерполяцией.

2 При расчете односрезных соединений для более толстых элементов, работающих на смятие под углом, значение k_a следует умножать на дополнительный коэффициент 0,9 при $c/a < 1,5$ и на 0,75 при $c/a > 1,5$.



a - прямая; *б* - в шахматном порядке; *в* - установленных в торец без армирования; *г* - то же, с усилением армированием

Рисунок 10 - Расстановка нагелей

5.19 Нагели в растянутых стыках следует располагать в два или четыре продольных ряда; в конструкциях из круглых лесоматериалов допускается шахматное расположение нагелей в два ряда с расстоянием между осями нагелей вдоль волокон $2S_1$, а поперек волокон - $S_2 = 2,5d$.

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

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

При свободном выходе гвоздя из пакета расчетную толщину последнего элемента следует уменьшать на $1,5d$ (рисунок 11).

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

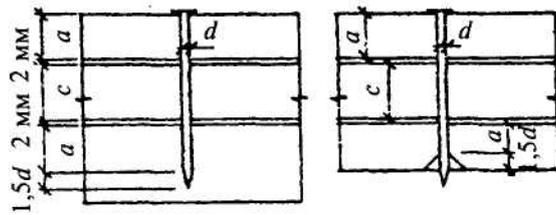


Рисунок 11 - Определение расчетной длины защемления конца гвоздя

5.21 Расстояние между осями гвоздей вдоль волокон древесины следует принимать не менее:

$S_1 = 15d$ при толщине пробиваемого элемента $c \geq 10d$;

$S_1 = 25d$ при толщине пробиваемого элемента $c = 4d$.

Для промежуточных значений толщины c наименьшее расстояние следует определять по интерполяции.

Для элементов, не пробиваемых гвоздями насквозь, независимо от их толщины, расстояние между осями гвоздей следует принимать равным $S_1 \geq 15d$.

Расстояние вдоль волокон древесины от гвоздя до торца элемента во всех случаях следует принимать не менее $S_1 = 15d$.

Расстояние между осями гвоздей поперек волокон древесины при прямой расстановке гвоздей следует принимать не менее $S_2 = 4d$; при шахматной расстановке или расстановке их косыми рядами под углом $\alpha \leq 45^\circ$ (рисунок 12) расстояние может быть уменьшено до $3d$.

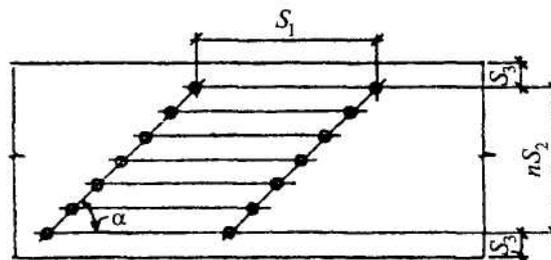


Рисунок 12 - Расстановка гвоздей косыми рядами

5.22 Применение шурупов и глухарей в качестве нагелей, работающих на сдвиг, допускается в односрезных соединениях со стальными накладками и накладками из бакелизированной фанеры. Расстояния между осями шурупов следует принимать по указаниям [п. 5.18](#), как для стальных цилиндрических нагелей.

5.23 Несущую способность шурупов и глухарей, при заглублении их ненарезной части в древесину не менее чем на два диаметра, следует определять по правилам для стальных цилиндрических нагелей.

Соединения на гвоздях и шурупах, работающих на выдергивание

5.24 Сопротивление гвоздей выдергиванию допускается учитывать во второстепенных элементах (настилы, подшивка потолков и т.д.) или в конструкциях, где выдергивание гвоздей сопровождается одновременной работой их как нагелей.

Не допускается учитывать работу на выдергивание гвоздей, забитых в заранее просверленные отверстия, забитых в торец (вдоль волокон), а также при динамических воздействиях на конструкцию.

5.25 Расчетную несущую способность на выдергивание одного гвоздя в МН (кгс), забитого в древесину, в том числе в древесину из однонаправленного шпона, поперек волокон, следует определять по формуле

$$T_{в.г} = R_{в.г} \pi d l_1, \quad (60)$$

где $R_{в.г}$ - расчетное сопротивление выдергиванию на единицу поверхности соприкосновения гвоздя с древесиной, которое следует принимать для воздушно-сухой древесины равным 0,3

МПа (3 кгс/см^2), а для сырой, высыхающей в конструкции, - $0,1 \text{ МПа}$ (1 кгс/см^2);

d - диаметр гвоздя, м (см);

l_1 - расчетная длина заземленной, сопротивляющейся выдергиванию части гвоздя, м (см), определяемая согласно [п. 5.20](#).

Расстояние S_3 от крайнего ряда гвоздей до продольной кромки элемента следует принимать не менее $4d$.

Примечания

1 Расстояние между гвоздями вдоль волокон древесины в элементах из осины, ольхи и тополя следует увеличивать на 50 %, по сравнению с указанными выше.

2 В условиях повышенной влажности или температуры, а также при расчете на действие кратковременной или постоянной и длительной временной нагрузок расчетное сопротивление выдергиванию для воздушно-сухой древесины следует умножать на коэффициенты, приведенные в [таблицах 5, 6](#) настоящего стандарта.

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

5.26 Длина заземленной части гвоздя должна быть не менее двух толщин пробиваемого деревянного элемента и не менее $10d$.

Расстановку гвоздей, работающих на выдергивание, следует производить по правилам расстановки гвоздей, работающих на сдвиг (см. [п. 5.21](#)).

5.27 Расчетную несущую способность на выдергивание одного шурупа или глухаря, МН (кгс), закрученного в древесину, в том числе в древесину из однонаправленного шпона, поперек волокон, следует определять по формуле

$$T_{в.ш} = R_{в.ш} \pi d l_1, \quad (61)$$

где $R_{в.ш}$ - расчетное сопротивление выдергиванию шурупа или глухаря на единицу поверхности соприкосновения нарезной части шурупа с древесиной, которое следует принимать для воздушно-сухой древесины равным 1 МПа (10 кгс/см^2); расчетное сопротивление выдергиванию следует умножать в соответствующих случаях на коэффициенты, приведенные в [таблицах 5, 6](#) и [пп. 3.2.б](#) и [3.2.в](#) настоящего стандарта;

d - наружный диаметр нарезной части шурупа, м (см);

l_1 - длина нарезной части шурупа, сопротивляющаяся выдергиванию, м (см).

Расстояние между осями винтов должно быть не менее: $S_1 = 10d$; $S_2 = S_3 = 5d$ (см. [рисунок 10](#)).

Соединения на пластинчатых нагелях

5.28 Применение дубовых или березовых пластинчатых нагелей (пластинок) допускается для сплачивания брусьев в составных элементах со строительным подъемом, работающих на изгиб и на сжатие с изгибом. Размеры пластинок и гнезд для них, а также расстановку их в сплачиваемых элементах следует принимать по рисунку 13. Направление волокон в пластинках должно быть перпендикулярно плоскости сплачивания элементов.

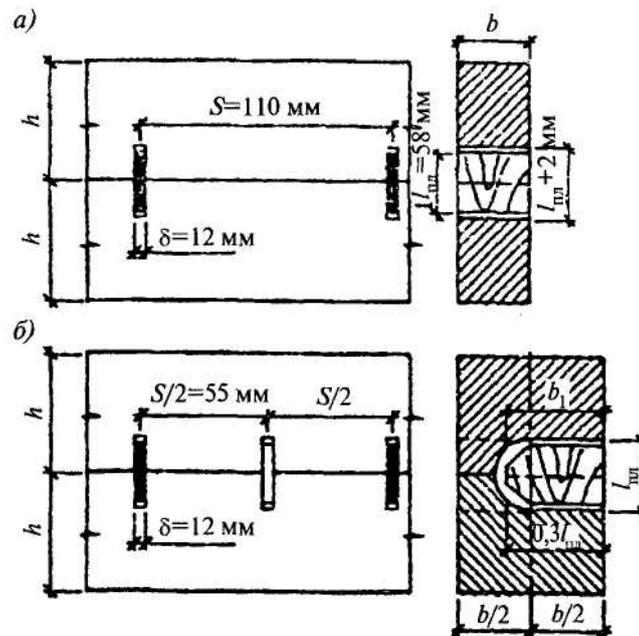
Сплачивание по высоте сечения более трех элементов, а также применение элементов, сращенных по длине, не допускается.

5.29 Расчетную несущую способность, кН (кгс), дубового или березового пластинчатого нагеля размерами по рисунку 13 в соединениях элементов из сосны и ели следует определять по формуле

$$T = 0,75b_{пл} (T = 75b_{пл}), \quad (62)$$

где $b_{пл}$ - ширина пластинчатого нагеля, см, которую следует принимать равной ширине сплачиваемых элементов $b_{пл} = b$ при сквозных пластинках и $b_{пл} = 0,5b$ при глухих.

В случаях применения для сплачивания элементов из других древесных пород следует вводить поправочный коэффициент по таблице 4 (для скалывающих напряжений).



a - со сквозными пластинками; *б* - с глухими пластинками

Рисунок 13 - Соединения на пластинчатых нагелях

Для конструкций в условиях повышенной влажности или температуры, рассчитываемых на действие кратковременных или постоянной и длительной временной нагрузок, расчетную несущую способность пластинчатого нагеля следует умножать на поправочные коэффициенты по [таблицах 5, 6](#) и [пп. 3.2.б](#) и [3.2.в](#).

Примечание - Применение клеенных стержней в открытых соединениях, металл которых может подвергаться прямому воздействию огня при пожаре, не допускается в том случае, если температура стеклования полимера используемой клеевой композиции ниже 70 °С.

Соединения на клеенных стержнях

5.30 Соединения на клеенных арматурных стержнях являются универсальным видом, достаточно обоснованном исследованиями и опытом применения. Стержни, размещенные на клею в толще деревянного клееного пакета, защищены от коррозии, промерзания, конденсата, от действия огня, а при глубин вклеивания $\geq 25d$ являются равнопрочными. Наклонно вклеенные стержни повышают сдвиговую прочность и выносливость клееных элементов. Анкеровка закладных деталей на клеенных стержнях существенно расширяет область применения клееной древесины, а также допускает сварку в деревянных конструкциях.

Соединения на стержнях, вклеенных вдоль волокон древесины, допускаются в слабо нагруженных элементах и обязательно в комбинации с поперечно вклеенными стержнями.

Примечание – В настоящее время в литературе способ соединения и усиления древесины с помощью вклеенных арматурных стержней принято называть «система ЦНИИСК».

5.31 В соединениях используется очищенная от ржавчины и обезжиренная стальная арматура периодического профиля диаметром от 14 до 25 мм классов А300 - А400. Допускается использовать арматуру А240 со сплошной нарезкой резьбы по длине вклеивания.

5.32 Для вклеивания используют эпоксидные клеи на базе смол ЭД20 с наполнителем - молотым песком (маршалитом) в количестве до 200 весовых частей от веса смолы. При необходимости обеспечения повышенной огнестойкости соединения, возможно применение эпоксидных клеев специального состава с температурой стеклования около 70 °С. Вклеивание стержней и контроль качества следует производить в соответствии с Приложением Ж («Рекомендации по производству работ при вклеивании стержней»).

5.33 Сверление отверстий под вклеиваемые стержни производится с помощью сверл для древесины или металла, нарощенных до требуемой длины. Точность сверления достигается

использованием кондукторов с базой на боковых гранях. Диаметр отверстия в древесине должен превышать диаметр вклеиваемого стержня на 4 - 5 мм для арматуры классов А300 - А400 и на 2 мм для арматуры класса А240. Наиболее эффективным является расположение стержней под углом к направлению волокон в интервале от 30 до 45°. Стержни должны пересекать плоскости клеевых швов клееного пакета. Расстояние от боковых граней пакета до оси стержня принимается не менее $2d$ и не менее 30 мм; между осями стержней по ширине пакета расстояние должно быть не менее $2d$; от торца пакета вдоль волокон до оси стержня - не менее 100 мм при сжатии; между наклонными стержнями и от торца при усилиях вдоль волокон $10d$ при угле наклона стержней $\alpha = 45^\circ$ и $14d$ при $\alpha = 30^\circ$ (см. рисунок 14).

5.34 Влажность древесины при вклеивании стержней должна быть в интервале 7 - 14 % (в зависимости от условий эксплуатации конструкций - см. [таблицу 1](#)). Не допускается использование вклеенных стержней для клееных пакетов с компенсационными прорезями (см. п. 5.7).

5.35 Соединения на наклонно вклеенных стержнях используются:

- для сплачивания элементов составного сечения, в том числе, композитных;
- для узловых соединений, воспринимающих сдвиг;
- для повышения сдвиговой прочности клееных элементов;
- для анкеровки закладных деталей, воспринимающих усилия разных направлений;
- для устройства узловых сопряжений элементов плоских и пространственных конструкций (опорных узлов, поясов и решетки в фермах, ключевых шарниров в арках, рамах и т.п.);
- для усиления участков конструкций, в которых действуют нормальные растягивающие напряжения поперек волокон и касательные напряжения (в зонах глубоких подрезок или ослаблений врезками, в изгибаемых элементах с искривленной осью, на торцах конструкций, подверженных колебаниям температуры и влажности, и мн. др.);
- для устройства жестких равнопрочных стыков сборных изгибаемых, сжато-изгибаемых, растянуто-изгибаемых элементов (балок, арок, ферм, рам, заземленных стоек, куполов, сводов и т.п.);
- для устройства равнопрочных стыков растянутых элементов (поясов и решетки ферм, жестких нитей, кольцевых ребер куполов и т.п.);
- для устройства стыков сжатых элементов (в том числе, на монтажные нагрузки).

Принципиальные конструктивные схемы соединений в узлах и стыках элементов для различных напряженно-деформированных состояний приведены на рисунке 14.

5.36 При устройстве стыковых соединений в конструкциях используют два вида соединений на наклонно вклеенных стержнях. Преимущественно это анкера V-образной формы, которые представляют собой комбинацию из двух стержней, вклеенных наклонно по отношению к направлению волокон древесины и образующих между собой внутренний угол.

В отдельных случаях (обычно для слабо напряженных конструкций или в элементах небольших сечений) применяются соединения на наклонно вклеенных стержнях, присоединенных на сварке к стальным пластинам, передающим на древесину усилия сжатия, возникающие от разложения усилий растяжения в наклонных стержнях.

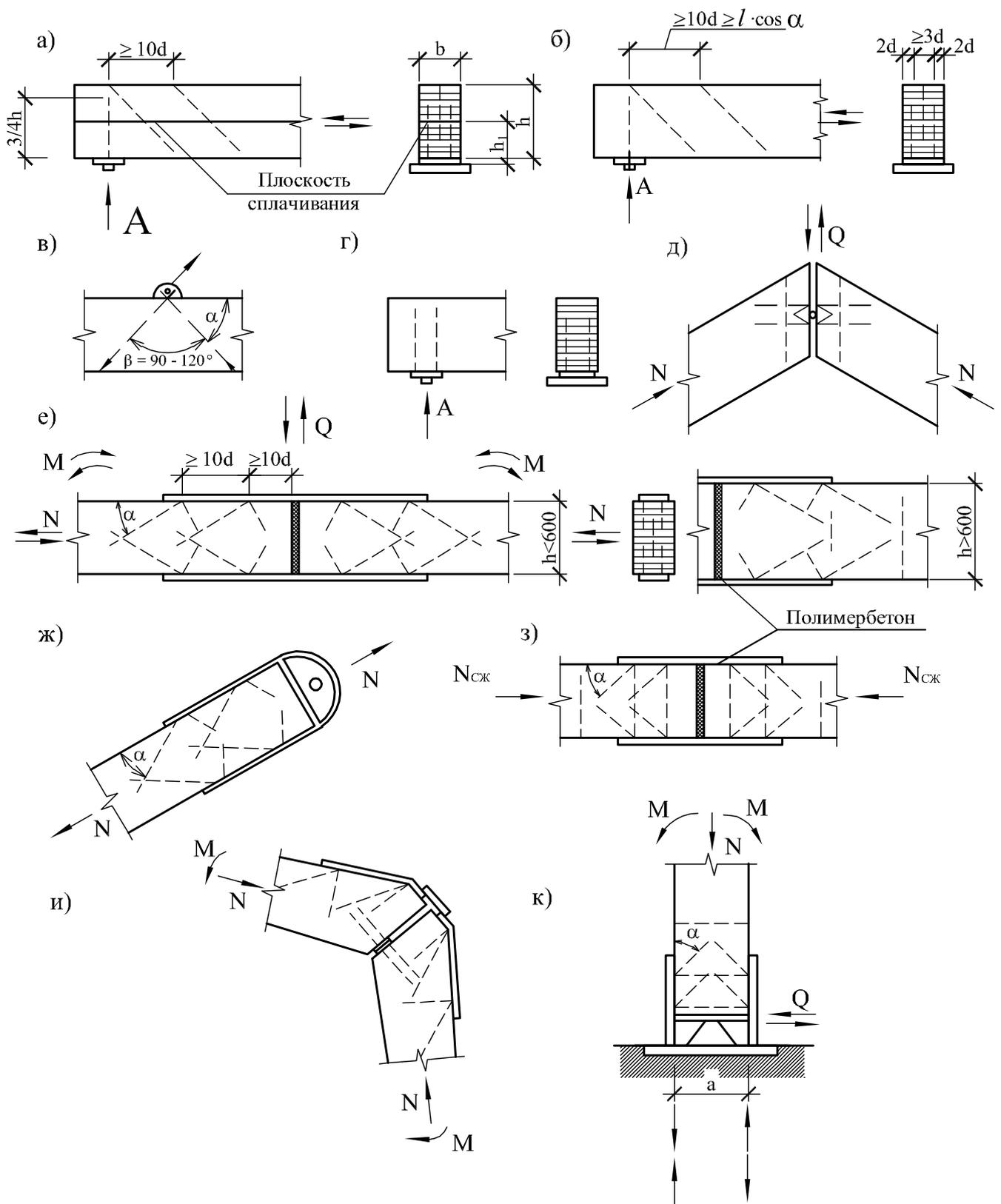
5.37 Расчетную несущую способность, МН (кгс), вклеиваемого под углом к волокнам стержня на выдергивание или продавливание в стыках клееных деревянных конструкций следует определять по формуле

$$T = R\pi d_1 l_p k_c m_d \leq F_a R_a, \quad (63)$$

где R - расчетное сопротивление древесины выдергиванию или продавливанию вклеенного стержня, МПа (кгс/см²), принимаемое по опытным данным, равным 4,5 МПа (45 кгс/см²);

d_1 - диаметр отверстия, м (см);

l_p - расчетная длина стержня, м (см)



A - опорная реакция от расчетной нагрузки; a - в виде связей составных элементов; b - для повышения сдвиговой прочности клееной балки; $в$ - для анкеровки закладных деталей; $г, д$ - в опорных и других узлах конструкций; $е$ - схема симметричного универсального жесткого стыка элементов сечением < 500 и > 600 ; $ж$ - для растянутых элементов; $з$ - для сжатых стыков с полимербетоном; $и$ - для полигональных элементов, несимметричная схема (карниз рамы); $к$ - для узла защемления стоек

Рисунок 14 - Используемые в проектировании соединения на наклонно вклеенных стержнях

$$l_p = l - l_0 \leq 25d; \quad (64)$$

l - длина заделываемой части;

$l_0 = 4d$ - глубина возможного снижения прочности клеевой прослойки при пожаре; для стержней, защищенных от огня, $l_0 = 0$;

d - диаметр вклеиваемого стержня, м (см);

k_c - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжений сдвига, в зависимости от длины заделываемой части стержня, который следует определять по формуле

$$k_c = 1,2 - 0,02 \frac{l_p}{d}, \quad (65)$$

m_d - коэффициент, учитывающий зависимость расчетного сопротивления от диаметра стержня

$$m_d = 1,12 - 10d; (1,12 - 0,1d); \quad (66)$$

F_a - площадь сечения стержня;

R_a - расчетное сопротивление материала стержня.

5.38 Расчетная несущая способность V-образного анкера определяется аналогично расчетной несущей способности вклеенного стержня T по формуле (63). Усилия в каждой ветви анкера определяются путем разложения усилий от внешней нагрузки по направлениям ветвей. Внутренний угол между ветвями анкера принимается от 90 до 120°. Длина ветви анкера также назначается аналогично l .

5.39 Проверка на прочность анкеров, сварных швов, соединительных пластин и других стальных элементов выполняется по нормам проектирования металлоконструкций.

5.40 При определении числа вклеенных стержней или анкеров необходимо учитывать коэффициент их совместной работы k_{c1} :

- при двух анкерах с одной стороны стыка и на одной грани $k_{c1} = 0,9$;

- при трех стержнях и более на одной грани $k_{c1} = 0,75$.

5.41 При проектировании стыков или узлов конструкций необходимо учитывать специфические особенности конструкции и технологии изготовления. В частности, для сечений высотой до 60 см и свыше 60 см технические решения связей в нейтральной зоне изгибаемых элементов существенно отличаются. Принципиально различаются конструктивные варианты сжатой и растянутой зон стыков сжато-изгибаемых элементов ломаного сечения, например, в карнизных узлах рам и т.д.

5.42 Наклонно вклеенные стержни располагаются в соединениях таким образом, чтобы в них возникали (в основном) растягивающие усилия. Возникающие при этом (от разложения сил) сжимающие усилия должны передаваться на древесину соединительными жесткими пластинами или специально вклеенными стержнями с соответствующей проверкой расчетом.

В V-образных анкерах это условие обычно обеспечивается конструктивно.

5.43 Для приведенных соединений в узлах и стыках обязательным условием является соблюдение расстояния от крайнего анкера или вклеенного стержня до торца элемента, гарантирующего от выкалывания древесины на торец.

5.44 Податливость соединений на наклонно вклеенных стержнях составляет не более 0,006 мм/тс.

5.45 Стыки и узлы сжато-, растянуто-изгибаемых, изгибаемых и растянутых элементов сборных конструкций должны проверяться расчетом и обеспечивать восприятие перерезывающих сил, а также усилий, возникающих при сборке, кантовке, перевозке, складировании и монтаже. Для сжатых стыков большепролетных конструкций, выполненных с заполнением полимербетоном, необходимо предусматривать специальные конструктивные решения стыков на наклонно вклеенных стержнях, способные воспринимать упомянутые монтажные нагрузки и перерезывающие силы.

6 Указания по проектированию деревянных конструкций

Общие указания

6.1 При проектировании деревянных конструкций следует:

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

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

При пролетах деревянных безраспорных конструкций более 30 м одна из опор должна быть подвижной, в том числе с использованием антифрикционных прокладок из фторопласта с коэффициентом трения «фторопласт - нержавеющая сталь» - 0,065.

6.3 Действие сил трения при расчете деревянных конструкций следует учитывать:

а) если равновесие системы обеспечивается только трением при условии постоянного прижатия элемента и отсутствии динамической нагрузки; при этом 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.

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

6.5 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.

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

По длине здания поперечные связи следует располагать в плоскости верхнего пояса или по верху несущих конструкций.

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

Использование профнастила, уложенного непосредственно по верху несущих конструкций, в качестве распорок и связей допускается только при специальном креплении и дополнительном обосновании.

При использовании косоугольного дощатого настила непосредственно по конструкциям или по прогонам с их закреплением постановка связей жесткости в пространственном покрытии не требуется.

6.7 Размер опорной части плит покрытий должен быть не менее 5,5 см. Плиты покрытий следует прикреплять к несущей конструкции с каждой стороны соединениями, воспринимающими усилия сдвига и отрыва.

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

Конструкция стыков растянутых элементов должна обеспечивать осевую передачу растягивающего усилия.

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

6.10 Элементы деревянных конструкций следует центрировать в узлах, стыках и на опорах, за исключением случаев, когда эксцентричное соединение элементов уменьшает действующий в расчетном сечении изгибающий момент.

6.11 Элементы конструкций должны быть стянуты болтами или шпильками в узлах и стыках, а составные элементы на податливых соединениях должны быть стянуты и между узлами или соединены с помощью клеенных стержней.

В соединениях на цилиндрических нагелях должно быть поставлено не менее трех стяжных болтов с каждой стороны стыка.

Диаметр стяжных болтов d_6 следует принимать по расчету, но не менее 12 мм. Шайбы стяжных болтов должны иметь размер сторон или диаметр не менее $3d_6$ и толщину не менее $0,25d_6$.

6.12 Площадь поперечного сечения нетто деревянных элементов сквозных несущих конструкций должна быть не менее 50 см^2 , а также не менее 0,5 полной площади сечения брутто при симметричном ослаблении.

6.13 Расчет деревянных конструкций на сейсмические нагрузки следует производить в соответствии со СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».

В каркасах одноэтажных большепролетных зданий (при пролетах более 24 м) следует использовать преимущественно статически определимые конструкции арочного, рамного и купольного типов.

В шарнирных узлах необходимо обеспечивать возможность их поворота без появления дополнительных внутренних усилий.

При проектировании клееных деревянных конструкций следует предусматривать мероприятия, предотвращающие скалывание древесины (например, армирование древесины клееными стержнями).

Балки, прогоны, настилы

6.14 Балки, прогоны, настилы, обрешетки и другие изгибаемые элементы следует рассчитывать на прочность и прогиб. Значения максимальных прогибов должны быть не выше указанных в таблице 16 (п. 4.32).

6.15 Настилы и обрешетки под кровлю следует рассчитывать на следующие сочетания нагрузок:

а) постоянная и временная от снега (расчет на прочность и прогиб);

б) постоянная и временная от сосредоточенного груза 1 кН (100 кгс) с умножением последнего на коэффициент перегрузки $n=1,2$ (расчет только на прочность).

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 два бруска, а при расстоянии более 150 мм - на одну доску или брусок. При двойном настиле (рабочем и защитном, направленном под углом к рабочему) сосредоточенный груз следует распределять на ширину 500 мм рабочего настила.

6.16 Подрезка на опоре в растянутой зоне деревянных изгибаемых элементов глубиной $a \leq 0,25h$ допускается при условии:

$$\frac{A}{bh} < 0,4 \text{ МПа (4 кгс/см}^2\text{)}, \quad (67)$$

где A - опорная реакция от расчетной нагрузки;

b и h - ширина и высота поперечного сечения элемента без подрезки.

Длина опорной площадки подрезки c должна быть не больше высоты сечения h , а длина скошенной части подрезки c_1 - не менее двух глубин a (рисунок 15).

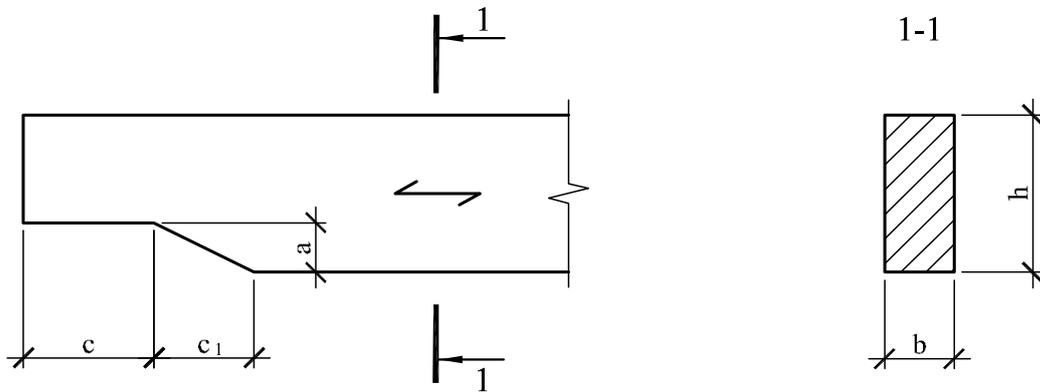


Рисунок 15 - Скошенная подрезка конца балки

В случае, если невозможно выполнить скошенную подрезку или глубина ее превышает $0,25h$, необходимо усиление зоны подрезки. Усиление производится вклеиванием поперечных (перпендикулярно волокнам) и наклонных (под углом 45° к волокнам) стержней (рисунок 16). Длина поперечных стержней должна удовлетворять условию:

$$2a_p \leq l_a \leq 0,7h, \quad (68)$$

где l_a - расчетная длина стержня;

$a_p = a - 30$ мм (глубина подрезки минус 30 мм на непроклей).

Расчет стержней производится с учетом того, что все растягивающее усилие воспринимается поперечно вклеенными стержнями. Наклонные стержни воспринимают сдвигающие усилия в зоне трещины и снижают касательные напряжения на приопорном участке.

Расстояние от торца подрезки должно быть 80 - 120 мм (120 мм для конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе).

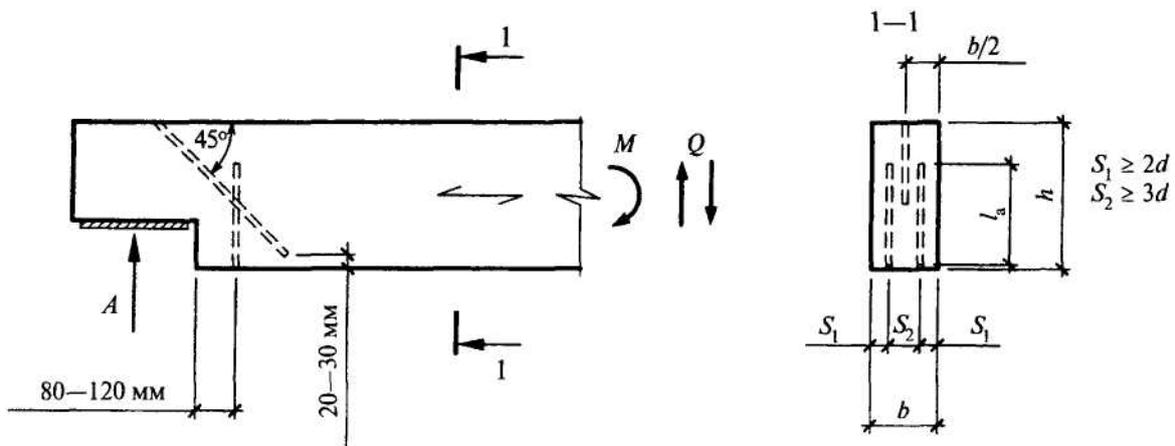


Рисунок 16 - Усиление подрезки на конце балки

6.17 В консольно-балочных прогонах шарниры следует осуществлять в виде косо прируба.

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

Составные балки

6.18 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.

6.19 Брусчатые составные балки следует сплачивать не более чем из трех брусьев с помощью пластинчатых нагелей или наклонно вклеенных стержней по системе ЦНИИСК.

Балки композитного сечения

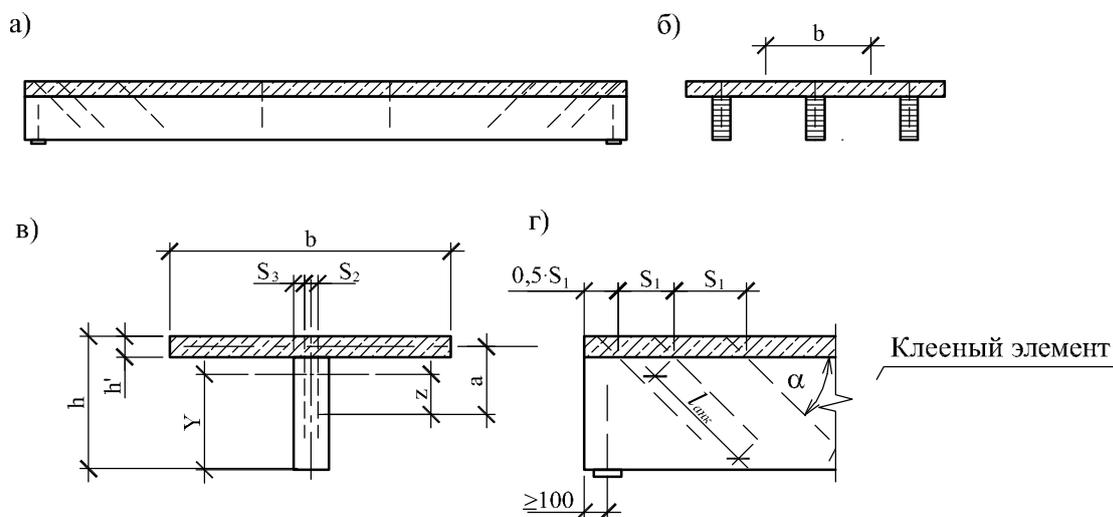
6.20 Балки композитного сечения являются составными и включают деревянные ребра с вклеенными анкерами и монолитную железобетонную плиту (рисунок 17).

Балки клееные

6.21 Клееным балкам с шарнирным опиранием и прямолинейной нижней гранью следует придавать строительный подъем, равный $1/200$ пролета. В клееных изгибаемых и сжато-изгибаемых элементах допускается сочетать древесину двух сортов, используя в крайних зонах на 0,17 высоты поперечного сечения более высокий сорт, по которому назначают расчетные сопротивления ($R_{и}$, $R_{с}$).

6.22 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 должны применяться водостойкая фанера или LVL толщиной не менее 8 мм.



a - общий вид; *б* - поперечное сечение; *в* - геометрические характеристики поперечного сечения; *г* - опорная зона балки

Рисунок 17 - Балка композитного сечения

Фермы

6.23 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.

Фермы следует проектировать со строительным подъемом не менее $1/200$ пролета,

осуществляемым в клееных конструкциях путем выгиба по верхнему и нижнему поясам.

6.24 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.

6.25 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 ферм.

Особенности проектирования линзообразных ферм на клеенных связях

6.26 Фермы могут быть сборными из клееной древесины или металлодеревянными с нижним поясом и деталями решетки из стали (рисунок 18).

Высота фермы в середине пролета: $(1/9)L < H < (1/6)L$;

Рекомендуемые пролеты таких ферм составляют 24-80 м.

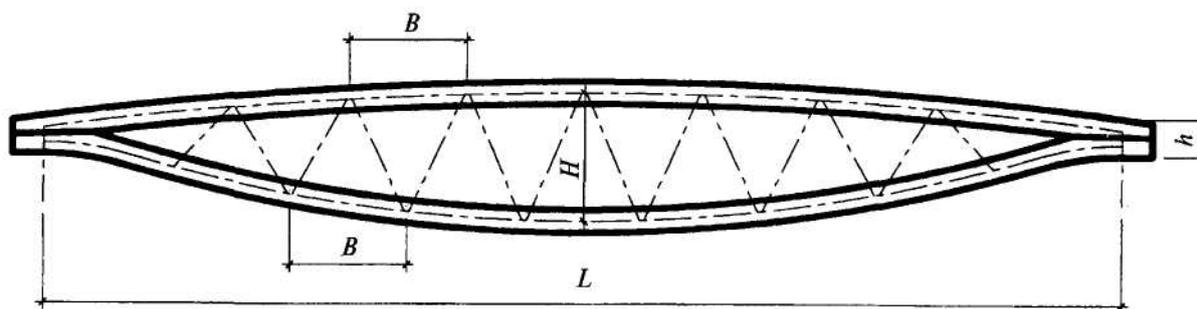


Рисунок 18 - Схема линзообразной фермы

6.27 Элементы решетки следует располагать под углом $30^\circ - 50^\circ$ к вертикали. Крепление решетки к поясам следует осуществлять при помощи нагелей. Расчет и конструирование следует выполнять согласно [пп. 5.13 - 5.19](#). Опорные узлы линзообразных ферм являются наиболее нагруженными и ответственными, их следует проектировать на наклонно клеенных стержнях согласно [пп. 5.30 - 5.45](#).

6.28 Сборные фермы могут состоять из нескольких отпавочных марок. Расположение укрупнительных узлов следует определять транспортными и технологическими требованиями. В нижнем поясе стыки следует располагать на возможно большем расстоянии от опорной зоны (рисунок 19).

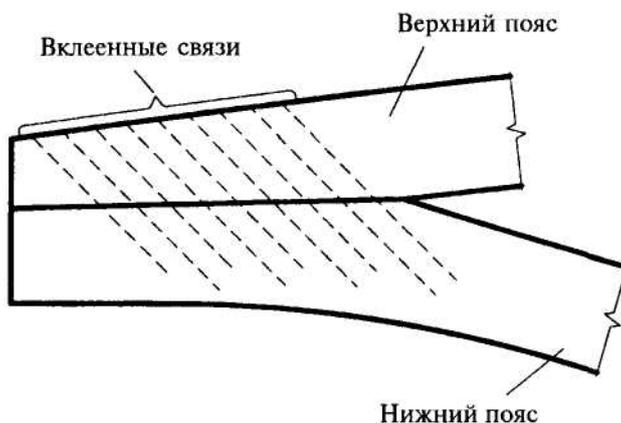


Рисунок 19 - Схема опорного узла линзообразной фермы

6.29 Стыки верхнего пояса следует конструировать с передачей осевых усилий на торцы элементов посредством полимербетона, обеспечивающего равномерное распределение напряжений по высоте поперечного сечения.

6.30 Растянутые и сжатые стыки поясов должны быть рассчитаны на монтажные усилия при кантовке и подъеме ферм. Они должны обладать достаточной жесткостью из плоскости

и воспринимать усилия обратного знака.

6.31 Расчет фермы необходимо осуществлять согласно пп. 6.22 - 6.25 с учетом следующих особенностей:

а) усилия в поясах следует определять из условия их неразрезности; следует учитывать изгибающие моменты, возникающие в узлах;

б) усилия в решетке допускается определять из условия шарнирных узлов сопряжения ее элементов с поясами;

в) для статического расчета опорные узлы на наклонно вклеенных связях следует принимать жесткими;

г) примыкание элементов решетки к неразрезному поясу - шарнирное.

Особенности проектирования дощатых ферм с соединениями в узлах на МЗП

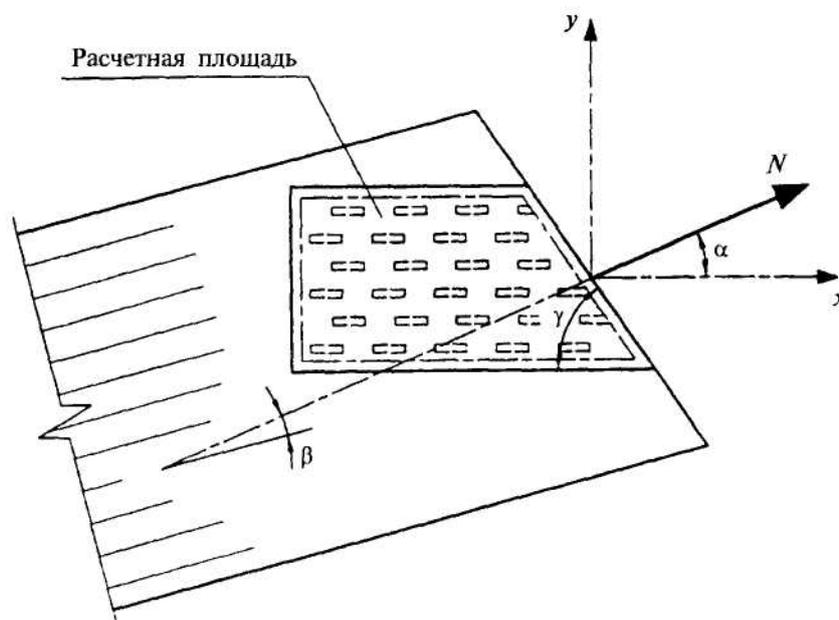
6.32 Дощатые фермы с соединениями в узлах на металлических зубчатых пластинах (МЗП) применяют в зданиях II и III классов ответственности (см. [приложение И](#)) V степени огнестойкости. Фермы изготавливают из древесины хвойных пород шириной от 100 до 200 мм, толщиной от 40 до 70 мм.

6.33 Расчетная схема ферм предполагает шарнирное закрепление элементов решетки к неразрезным поясам. Стыкование досок поясов по длине - шарнирное, вне зоны узлов крепления решетки.

6.34 Высоту ферм рекомендуется принимать не менее $1/5$ пролета. При меньшей высоте ферм расчет необходимо производить с учетом линейной податливости стержней в узлах. При этом в расчете следует учитывать, что при усилиях, соответствующих расчетной несущей способности соединений, деформации стержней в узлах составляют 1,5 мм.

6.35 Пояса ферм рассчитывают как сжато-изгибаемые и растянуто-изгибаемые элементы. Элементы решетки допускается рассматривать как центрально-сжатые и центрально-растянутые. Ослабление сечения гнездами от зубьев МЗП не учитывается.

6.36 Расчетная несущая способность соединений на МЗП зависит от типа пластин с заданной геометрией зубьев. Высота зубьев рекомендуется не более 12-кратной толщины пластины. Толщина стальной пластины составляет от 1 до 2 мм. Расчетная несущая способность соединений R определяется по результатам испытаний образцов с конкретными типами МЗП на 1 см^2 поверхности пластины, в зависимости от угла наклона оси пластины к действующему усилию α и от угла наклона оси пластины к направлению волокон древесины β (рисунок 20).



x - главное направление пластины; y - направление, перпендикулярное главному; α - угол между x -направлением и осью силы F ; β - угол между направлением волокон древесины и осью силы F ; γ - угол между

х-направлением и линией стыка

Рисунок 20 - Геометрические параметры работы МЗП

Различная перфорация пластин при установке зубьев разной формы требует расчетных характеристик МЗП при растяжении R_p и срезе R_{cp} при направлении усилия к оси пластин α .

6.37 Условие прочности соединений

$$N < R2F, \quad (69)$$

где N - нормальное усилие в стержне;

R - расчетная несущая способность соединения на 1 см^2 ;

F - площадь поверхности МЗП с одной стороны стыка, определяемая за вычетом площадей участков пластин в виде полос шириной 10 мм, примыкающих к линиям сопряжения элементов фермы.

6.38 Условие прочности МЗП при растяжении:

$$N_p = 2R_p b, \quad (70)$$

где b - размер пластины в направлении, перпендикулярном направлению усилия;

R_p - расчетная несущая способность пластины на растяжение.

6.39 Условие прочности МЗП при срезе

$$Q = 2R_{cp} l_{cp}, \quad (71)$$

где l_{cp} - длина среза сечения пластины без учета перфорации;

R_{cp} - расчетная несущая способность пластины на срез;

Q - сдвигающее усилие в узле.

6.40 При совместном действии на пластину усилий среза и растяжения должно выполняться условие

$$\left(\frac{N}{2R_p b} \right)^2 + \left(\frac{Q}{2R_{cp} l_{cp}} \right)^2 \leq 1. \quad (72)$$

Арки и своды

6.41 Арки и своды следует рассчитывать на прочность в соответствии с указаниями [п. 4.17](#) и на устойчивость в плоскости кривизны по формуле (6) п. 4.2 с учетом [п. 4.17](#), причем расчетную длину элементов l_0 следует принимать:

а) при расчете на прочность по деформированной схеме:

для двухшарнирных арок и сводов при симметричной нагрузке $l_0 = 0,35S$;

для трехшарнирных арок и сводов при симметричной нагрузке $l_0 = 0,58S$;

для двух- и трехшарнирных арок и сводов при кососимметричной нагрузке - по формуле

$$l_0 = \frac{\pi S}{2\sqrt{\pi^2 - \alpha}}, \quad (73)$$

где α - центральный угол полуарки, рад;

S - полная длина дуги арки или свода.

Для трехшарнирных стрелчатых арок с углом перелома в ключе более 10° при всех видах нагрузки $l_0 = 0,5S$.

При расчете трехшарнирных арок на несимметричную нагрузку расчетную длину допускается принимать равной $l_0 = 0,58S$;

б) при расчете на устойчивость в плоскости кривизны для двух- и трехшарнирных арок и сводов $l_0 = 0,58S$.

Расчет трехшарнирных арок на устойчивость плоской формы деформирования следует производить по [п. 4.18](#).

6.42 При расчете арок на прочность по деформированной схеме и на устойчивость

плоской формы деформирования величины N и M_d следует принимать в сечении с максимальным моментом (для проверяемого случая нагружения), а коэффициенты ξ или ξ_c и ξ_k следует определять по формуле (30) с подстановкой в нее значения сжимающей силы N_0 в ключевом сечении арки; расчет арок на устойчивость в плоскости кривизны следует производить по формуле (6) п. 4.2 на ту же сжимающую силу N_0 .

Рама

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

6.44 Устойчивость плоской формы деформирования трехшарнирных рам, закрепленных по внешнему контуру, допускается проверять по формулам п. 4.18. При этом для рам из прямолинейных элементов, если угол между осями ригеля и стойки более 130° , и для гнуто-клееных рам расчетную длину элемента следует принимать равной длине осевой линии полурамы. При угле между стойкой и ригелем меньше 130° расчетную длину ригеля и стойки следует принимать равной длинам их внешних подкрепленных кромок.

6.45 Криволинейные участки гнуто-клееных рам (рисунок 21) при отношении $h/r \geq 1/7$ (h - высота сечения, r - радиус кривизны центральной оси криволинейного участка) следует рассчитывать на прочность по формуле (28), в которой при проверке напряжений по внутренней кромке расчетный момент сопротивления следует умножать на коэффициент k_{rv} :

$$k_{rv} = \frac{1 - 0,5h/r}{1 - 0,17h/r}, \quad (74)$$

а при проверке напряжений по наружной кромке - на коэффициент k_{rn}

$$k_{rn} = \frac{1 + 0,5h/r}{1 + 0,17h/r}. \quad (75)$$

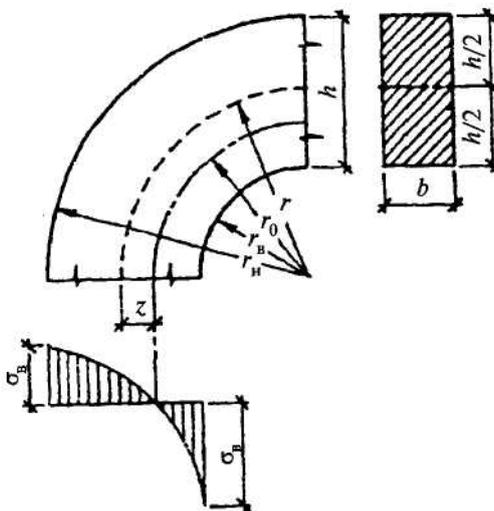


Рисунок 21 - Расчетная схема к определению напряжений в криволинейной части гнутоклееных рам

Расстояние z от центральной оси поперечного сечения до нейтральной оси следует определять по формуле

$$z = \frac{h^2}{12r}. \quad (76)$$

Опоры воздушных линий электропередачи

6.46 Для элементов деревянных опор воздушных линий электропередачи допускается применять круглый лес, пиломатериалы и клееную древесину.

6.47 Для основных элементов опор (стоек, приставок, траверс) диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее 18 см для ЛЭП напряжением 110 кВ и выше и не менее 16 см для ЛЭП напряжением 35 кВ и ниже.

Диаметр приставок (пасынков, свай) опор ЛЭП напряжением 35 кВ и выше должен быть не менее 18 см. Для вспомогательных элементов опор диаметр бревен в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см.

6.48 Сопряжение элементов опор ЛЭП следует, как правило, выполнять без врубок.

6.49 Диаметр болтов должен быть не менее 16 мм и не более 27 мм.

Конструкционные требования по обеспечению надежности деревянных конструкций

6.50 Конструкционные меры, обеспечивающие просыхание элементов деревянных конструкций и их защиту от увлажнения, обязательны независимо от срока службы здания или сооружения, а также от того, производится химическая защита древесины или нет.

В тех случаях, когда древесина имеет повышенную начальную влажность и быстрое просыхание ее в конструкции затруднено, а также в случаях, когда конструктивными мерами нельзя устранить постоянное или периодическое увлажнение древесины, следует применять химические меры защиты (консервирование, антисептирование, гидрофобизацию, влагозащитные покрытия и др.). Сказанное относится также к конструкциям из фанеры и древесно-плитных материалов.

6.51 Конструкционные меры должны предусматривать:

а) предохранение древесины конструкций от непосредственного увлажнения атмосферными осадками, грунтовыми и тальными водами (за исключением опор воздушных линий электропередачи), эксплуатационными и 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 продухов, аэраторов).

6.52 Несущие деревянные конструкции (фермы, арки, балки и др.) должны быть открытыми, хорошо проветриваемыми, по возможности доступными во всех частях для осмотра, а также для проведения профилактического ремонта, включающего работы по химической защите элементов конструкций.

6.53 В отапливаемых зданиях и сооружениях несущие конструкции следует располагать так, чтобы они целиком находились либо в пределах отапливаемого помещения, либо вне его.

Допускается при соответствующем обосновании располагать несущие деревянные клееные конструкции (балки, рамы, арки) частично внутри отапливаемого помещения, а частично снаружи. При этом конструкции должны иметь прямоугольное сплошное сечение и усиленную защиту в местах пересечений ограждающих конструкций (стен, перекрытий, покрытий) от увлажнения и биоразрушения.

6.54 Не допускается заделка поясов, опорных и промежуточных узлов, концов элементов решетки ферм в толщу стен, совмещенных покрытий или чердачных перекрытий.

Опорные части несущих конструкций (ферм, арок, балок) при размещении их в гнездах каменных стен должны быть открыты. Запрещается заделывать наглухо зазоры между стенками гнезд и опорными частями конструкций кирпичом, раствором, герметизирующими материалами и т.п.

В наружных каменных стенах отапливаемых зданий и сооружений, а также во внутренних стенах, разделяющих отапливаемые и неотапливаемые помещения, задние стенки гнезд следует утеплять во избежание их промерзания, в соответствии с теплотехническим расчетом.

6.55 Для несущих конструкций, имеющих на опорах металлические башмаки (фермы, арки и др.), опирание на наружные каменные стены отапливаемых зданий и сооружений с

выделкой гнезд не допускается из-за опасности выпадения конденсата на металле. Такие конструкции следует опирать на железобетонные опоры (колонны), пилястры стен и другие опоры, выступающие внутрь помещения.

6.56 В местах опирания несущих конструкций на фундамент, каменные стены, пилястры, железобетонные колонны между древесиной конструкций и более теплопроводным материалом опоры следует вводить гидроизоляционные прокладки.

В том случае, если опорная часть несущих конструкций устанавливается на деревянные подкладки (подушки), последние также следует отделять от более теплопроводного материала опоры гидроизоляционными прокладками. Подкладки (подушки) должны изготавливаться из древесины твердых лиственных пород и консервироваться невымываемыми или трудновымываемыми биозащитными составами.

6.57 При эксплуатации конструкций в условиях, где возможно выпадение конденсата на металлических поверхностях, следует принимать меры по предохранению древесины от увлажнения в местах контакта с металлическими крепежными элементами (накладки, уголки, шайбы под болты и пр.). Для этого между древесиной и металлическим элементом следует вводить гидроизоляционный слой (мастику, прокладки из рулонных гидроизоляционных материалов, эластичные прокладки или уплотнительные ленты).

6.58 При расположении деревянных рам, арок и стоек (колонн) внутри помещений обрез опоры следует устраивать на такой высоте от уровня пола, чтобы в процессе эксплуатации исключалась возможность увлажнения опорного узла.

В том случае, если опорная часть несущей конструкции находится на открытом воздухе, обрез фундамента должен быть устроен так, чтобы обеспечивался быстрый отвод воды, попадающей на него в виде атмосферных осадков, и исключалось затопление опорного узла дождевыми и талыми водами.

6.59 В зданиях и сооружениях с повышенной влажностью воздуха (более 85 %), а также с сильной и средней химически агрессивной средой несущие деревянные конструкции должны иметь сплошное сечение и минимальное число металлических элементов. Применение металлодеревянных конструкций в таких зданиях и сооружениях следует максимально ограничивать.

В зданиях с химически агрессивной средой следует также ограничивать применение сквозных несущих конструкций из-за наличия большого числа промежуточных узлов и открытых горизонтальных и наклонных граней у деревянных элементов решетки, на которых скапливается химически агрессивная пыль.

По возможности, в этих зданиях следует применять объемно-планировочные решения, предусматривающие вынос несущих конструкций за пределы помещения с агрессивной средой (устройство подвесного потолка, чердачного перекрытия).

6.60 Несущие конструкции, эксплуатируемые на открытом воздухе, должны иметь сплошное массивное сечение и изготавливаться из брусьев, круглого леса или из клееной древесины. Конструкции из брусьев или круглого леса следует проектировать с зазорами между элементами вне зон соединений, которые способствуют более быстрому высыханию древесины в процессе эксплуатации.

В открытых сооружениях необходимо в максимальной степени использовать средства, предохраняющие деревянные элементы конструкций от прямого попадания на них атмосферной влаги.

Для защиты от атмосферных осадков открытые горизонтальные и наклонные грани ответственных несущих конструкций следует защищать досками, консервированными биозащитными составами, козырьками из атмосферо- и коррозиестойкого материала.

6.61 Опорные части и узловые соединения несущих конструкций, эксплуатируемые на открытом воздухе или в зданиях с повышенной влажностью, следует проектировать таким образом, чтобы концы элементов были, по возможности, хорошо проветриваемыми и имели минимальную площадь контакта с металлом. Следует избегать использования глухих металлических башмаков при опирании несущих конструкций на фундамент в коньковых

узлах арок, рам и др.

6.62 В зданиях, где возможно образование конденсата на потолочных поверхностях, верхние грани несущих конструкций (ферм, рам, арок и др.), на которые опираются плиты покрытий, следует защищать досками толщиной не менее 30 мм, консервированными невымываемыми или трудновымываемыми биозащитными составами, с последующей укладкой поверху двух слоев рулонного гидроизоляционного материала.

6.63 Деревянные покрытия следует проектировать, как правило, с наружным отводом воды.

Устройство ендов в совмещенных покрытиях не допускается.

6.64 В ограждающих конструкциях отапливаемых зданий и сооружений должно быть исключено влагонакопление 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.

6.65 Пароизоляцию ограждающих конструкций следует предусматривать из рулонных и пленочных материалов, окрасочную или обмазочную.

Рулонная и пленочная пароизоляции должны применяться в ограждающих конструкциях, у которых обшивки соединены с каркасом на податливых соединениях (гвозди, шурупы, скобки). При этом пароизоляционный слой должен быть сплошным и непрерывным (рулонные полотнища склеивают, пленки сваривают или склеивают) и укладываться между каркасом и обшивкой.

Окрасочная (обмазочная) пароизоляция должна применяться в ограждающих конструкциях с соединением обшивок на клею. Наносится такая пароизоляция на внутренние поверхности обшивки. Окрасочную пароизоляцию, если она совмещает функцию влагозащитного покрытия, допускается размещать и на наружной поверхности обшивки.

6.66 Вентилирование плит покрытия под рулонную кровлю должно осуществляться через продухи, специально устраиваемые между наружной обшивкой и утеплителем.

В плитах покрытия под кровлю из волнистых листов, профилированного металлического настила такие продухи не устраивают. Карнизный узел должен проектироваться так, чтобы наружный воздух имел свободный доступ под кровельные листы. Не допускается закрывать снаружи подкровельное пространство от задувания снега с помощью гребенок без оставления продухов для вентиляции.

6.67 Стеновые панели с каркасом из древесины, фанеры или древесно-плитных материалов должны устанавливаться на фундамент или цокольную панель таким образом, чтобы наружный воздух мог свободно поступать в них снизу через вентиляционные продухи и выходить у карниза. Не допускается устанавливать панели на фундамент (цокольную стеновую панель) без прокладки гидроизоляционного слоя, герметизации и утепления швов между ними.

Не допускается использовать для наружной обшивки стеновых панелей отапливаемых зданий паронепроницаемые материалы при отсутствии между обшивкой и заполнением вентиляционного продуха.

6.68 В целях предохранения наружных стен от намокания, расстояние от отмостки до низа панелей должно быть не менее 40 см, а вынос карниза (свес кровли) при неорганизованном водоотводе - не менее 50 см.

Обеспечение противопожарных требований к деревянным конструкциям

6.69 В случаях, предусмотренных противопожарными требованиями строительных норм, деревянные конструкции должны быть запроектированы и выполнены с пределом огнестойкости и показателями пожарной опасности, регламентируемыми этими требованиями.

6.70 Предел огнестойкости определяется по методам, установленным [ГОСТ 30247.0](#) и

[ГОСТ 30247.1.](#)

Допускается предел огнестойкости деревянных элементов конструкций устанавливать расчетным путем на основе закономерностей обугливания и прогрева их сечений в условиях стандартного теплового воздействия, регламентируемого [ГОСТ 30247.0](#), и с учетом предельных состояний по огнестойкости, регламентируемых [ГОСТ 30247.1](#).

При этом предел огнестойкости узлов соединения элементов и опорных узлов деревянных конструкций, в том числе с применением металлических и неметаллических деталей и элементов, должен быть не ниже требуемого предела огнестойкости конструкции в целом.

6.71 Для учета противопожарных норм на стадии проектирования предел огнестойкости конструкций из древесины может быть ориентировочно определен на основании учета скорости обугливания элементов конструкций. Скорость обугливания принимается равной 0,7 мм/мин для элементов сечением 120x120 мм и более и 1 мм/мин – для элементов со стороной сечения менее 120 мм.

Огнезащитная обработка не уменьшает скорости обугливания древесины.

6.72 При необходимости, предел огнестойкости деревянных элементов конструкций и узлов их соединения может быть повышен путем увеличения размеров их сечения, применения огнезащитных покрытий, в том числе вспучивающихся при нагреве, а также теплоизолирующих материалов и облицовок, в том числе из пиломатериалов.

6.73 Обеспечение требуемой огнестойкости металлических элементов конструкции и узлов соединения элементов конструкции, выполненных с применением металлических закладных деталей, может быть достигнуто средствами, аналогичными указанным в п. 6.69. При этом температура металла в местах соприкосновения с древесиной, во избежание ее возгорания к моменту времени, соответствующему требуемому пределу огнестойкости, не должна превышать 270 °С.

6.74 При использовании пожарно-технической классификации конструкций по [СНиП 2.01.02-85*](#), предел распространения огня следует определять по приложению 1 к этому СНиП. Эту классификацию применяют в тех случаях, когда противопожарные требования к конструкциям изложены в нормативных документах, не пересматривавшихся после ввода в действие [СНиП 21-01-97](#), например, в [СНиП 2.08.02-89*](#) «Общественные здания и сооружения» (см. постановление Минстроя России от 13.02.97 г. [№ 18-7](#)).

В других случаях следует использовать пожарно-техническую классификацию конструкций по [СНиП 21-01-97*](#) и определять класс пожарной опасности конструкций по [ГОСТ 30403](#).

6.75 Информация о сертифицированных средствах огнезащиты может быть получена в ФГУП ВНИИПО МЧС России.

6.76 При использовании этой информации следует учитывать, что:

данные об эффективности огнезащитных составов как для металла, так и для древесины носят сравнительный характер и не могут быть непосредственно использованы для оценки нормируемых пожарно-технических характеристик строительных конструкций - предела огнестойкости и показателей пожарной опасности;

данные для определения пределов огнестойкости и показателей пожарной опасности конкретных конструкций при использовании конкретных средств огнезащиты должны предоставлять поставщики средств огнезащиты;

согласно п. 7.13 [СНиП 21-01](#), эти данные должны быть получены на основе испытаний, предназначенных для определения пожарно-технических характеристик именно строительных конструкций;

при выборе огнезащитных покрытий и пропиток следует учитывать их совместимость с другими средствами защиты древесины, данные об их долговечности и необходимости периодической замены или восстановления, а также о недопустимости их применения в местах, исключающих выполнение этих операций; следует также учитывать требования п. 7.12 [СНиП 21-01](#) о соответствии огнезащитных покрытий нормам применения отделочных материалов;

применение клееных деревянных конструкций во многих случаях связано с высокими требованиями к их внешнему виду, поэтому огнезащитные составы в этих случаях должны сохранять естественную текстуру древесины;

нанесение огнезащитных покрытий и поверхностных пропиток следует производить после установки конструкций в проектное положение и устройства кровли на покрытия.

6.77 Рекомендуется отдавать предпочтение конструктивной огнезащите, а также высокоэффективным и долговечным вспучивающимся огнезащитным материалам, поставщики которых в состоянии представить данные об их характеристиках, указанных в п. 6.76.

6.78 При определении огнестойкости соединений на клеенных стержнях скорость обугливания древесины следует принимать 0,6 мм/мин, а расстояние от границы обугливания до клеевого шва между древесиной и клееным стержнем к моменту времени, соответствующему требуемому пределу огнестойкости, должно быть не менее 20 мм.

6.79 При определении длины стержня, вклеиваемого на клее ЭД-20, следует вычитать отрезок стержня, где его температура к моменту времени, соответствующему требуемому пределу огнестойкости, превышает 65 °С.

6.80 В конструкциях составного или коробчатого сечения открытые (незамкнутые) зазоры между цельными элементами сечения не должны превышать 7 мм, а зазоры более 7 мм должны быть замкнуты диафрагмами толщиной, обеспечивающей требуемый предел огнестойкости, - температура древесины в зазоре к моменту времени, соответствующему требуемому пределу огнестойкости, не должна превышать 270 °С.

Приложение А

Дополнительные требования к качеству древесины

К древесине элементов цельнодеревянных и слоям клееных конструкций, кроме требований [ГОСТ 8486](#) на пиломатериалы хвойных пород и [ГОСТ 9463](#) на круглые лесоматериалы, должны предъявляться дополнительные требования:

а) ширина годичных слоев в древесине элементов и слоев классов К26 и К24 должна быть не более 5 мм, а содержание в них поздней древесины - не менее 20 %;

б) в слоях клееных изгибаемых элементов классов К26 и К24 для крайней растянутой зоны (на 0,15 высоты сечения) и в цельнодеревянных элементах толщиной 60 мм и менее, работающих на ребро при изгибе или на растяжение, не допускается сердцевина;

в) в конструкциях из клееной древесины с использованием вклеенных стержней в слоях не допускаются компенсационные прорези.

Приложение Б

Нормативные и временные сопротивления элементов ДК из древесины сосны, ели и древесины из однонаправленного шпона и порядок их определения

1 Величину нормативного сопротивления материалов R^H определяют из условия:

$$R^H = R^{BP} (1 - 1,65\nu),$$

где ν - коэффициент вариации показателей прочности по данным испытаний;

R^{BP} - временная величина прочности материала.

Нормативное значение прочности соответствует квантилю в предполагаемой статистической функции распределения с обеспеченностью 0,95.

Временные и нормативные сопротивления устанавливают испытаниями при режиме нагружения А согласно таблице Б.1 при влажности древесины 12 %.

Таблица Б.1

Обозначение режимов нагружения	Характеристика режимов нагружения	Приведенное расчетное время действия нагрузки, с	Значение коэффициента длительной прочности, $m_{дл}$
А	Линейно возрастающая нагрузка при стандартных машинных испытаниях	1-10	1,0
Б	Совместное действие постоянной и кратковременной ветровой нагрузок	10^3-10^4	0,8
В	Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок	10^6-10^7	0,66
Г	Совместное действие постоянной и длительной временной нагрузок, напряжение от которых превышает 80 % от полного напряжения в элементах конструкций от всех нагрузок	10^8-10^9	0,53
Д	Совместное действие постоянной и сейсмической нагрузок	$10-10^2$	0,92
Е	Действие импульсивных и ударных нагрузок	$10^{-1}-10^{-8}$	1,1-1,35

2 Величины R^{BP} и R^H древесины приведены в таблицах Б.2 и Б.2а.

Таблица Б.2

Вид напряженного состояния	$\frac{R^H}{R^{BP}}$, МПа (кгс/см ²), элементов классов/сортов			$\frac{R^H}{R^{BP}}$, МПа (кгс/см ²), чистой древесины
	К26/1	К24/2	К16/3	
1. Изгиб:				
а) при нагружении кромки	$\frac{26}{36} \left(\frac{260}{360} \right)$	$\frac{24}{33} \left(\frac{240}{330} \right)$	$\frac{16}{22} \left(\frac{160}{220} \right)$	-
б) при нагружении пласти	$\frac{30}{42} \left(\frac{300}{420} \right)$	$\frac{27}{37,5} \left(\frac{270}{375} \right)$	$\frac{20}{28} \left(\frac{200}{280} \right)$	$\frac{57}{80} \left(\frac{570}{800} \right)$
2. Сжатие вдоль волокон	$\frac{25}{33} \left(\frac{250}{330} \right)$	$\frac{23}{31} \left(\frac{230}{310} \right)$	$\frac{15}{20} \left(\frac{150}{200} \right)$	$\frac{33}{44} \left(\frac{330}{440} \right)$

3. Растяжение вдоль волокон	$\frac{20}{34} \left(\frac{200}{340} \right)$	$\frac{15}{25} \left(\frac{150}{250} \right)$	-	$\frac{60}{100} \left(\frac{6000}{10000} \right)$
4. Скалывание вдоль волокон	$\frac{3,6}{6} \left(\frac{36}{60} \right)$	$\frac{3,2}{5} \left(\frac{32}{50} \right)$	$\frac{3,2}{5} \left(\frac{32}{50} \right)$	$\frac{4,56}{7} \left(\frac{45}{70} \right)$

Примечания

1 Размеры поперечных сечений испытываемых образцов пиломатериалов принимаются в соответствии с их толщиной по сортаменту.

2 Временные сопротивления следует определять: для пиломатериалов и заготовок из них цельных и стыкованных на зубчатое соединение - по испытаниям согласно [ГОСТ 15613.4](#); [ГОСТ 21554.2](#); [ГОСТ 21554.4](#); [ГОСТ 21554.5](#); [ГОСТ 21554.6](#); для чистой древесины - по испытаниям малых образцов в соответствии с требованиями [ГОСТ 4.208](#). При выборочных контрольных испытаниях следует руководствоваться [ГОСТ 18321](#).

3 Прочность древесины брусьев и круглых лесоматериалов допускается оценивать визуально по сортообразующим признакам и дополнительным требованиям [приложения А](#).

4 Прочность слоев клееных конструкций и элементов цельнодеревянных конструкций, ерошенных по длине на зубчатый шип, при испытаниях на изгиб и нагружении по пласти должна быть не ниже значений, указанных в п. 16 для соответствующего класса (сорта).

Таблица Б.2а

Вид напряженного состояния	$\frac{R^H}{R^{sp}}$, МПа (кгс/см ²)
Для клееной древесины из однонаправленного шпона (LVL) сорта S	
5. Сжатие вдоль волокон при толщине 75; 45; 26 мм	$\frac{30}{40} \left(\frac{300}{400} \right)$
6. Сжатие поперек волокон среднее для толщины 75 и 45 мм	$\frac{6}{10} \left(\frac{60}{100} \right)$
7. Изгиб при нагружении кромки	$\frac{55}{70} \left(\frac{550}{700} \right)$
8. Изгиб при нагружении пласти вдоль волокон	$\frac{35}{54} \left(\frac{350}{540} \right)$
9. Растяжение вдоль волокон	$\frac{25}{40} \left(\frac{250}{400} \right)$
10. Растяжение поперек волокон	$\frac{0,5}{1} \left(\frac{5}{10} \right)$
11. Скалывание вдоль волокон перпендикулярно клеевому шву	$\frac{5}{9} \left(\frac{50}{90} \right)$
12. Скалывание вдоль волокон в плоскости клевого шва	$\frac{4}{6} \left(\frac{40}{60} \right)$

3 Соотношение нормативных показателей прочности сортов древесины и принятых по европейским стандартам классов прочности приведено в таблице Б.3.

Таблица Б.3

Вид элементов ДК	Соотношение классов прочности и сортов древесины по равноценности прочностных показателей				
Элементы из пиломатериалов, в том числе склеенных по длине (для класса К26 1-го сорта только зубчатым соединением типа I по ГОСТ 19414)	К16/ 3 сорт	К24/ 2 сорт	К26/ 1 сорт	-	-
Элементы из круглых лесоматериалов и бруса шириной сечения свыше 12 см	К19/ 3 сорт	-	К26/ 2 сорт	-	-
Клееные многослойные элементы из слоев класса (сорта)	-	К24/К16 (3 сорт)	К26/К24 (2 сорт)	К30/К26 (1 сорт)	К32/К28
<p>Примечание. Отбор цельнодеревянных элементов конструкций, а также слоев клееных элементов по более высоким классам прочности (К30, К32 и др.) должен быть обеспечен силовой сортировкой или подтвержден результатами контрольных испытаний по действующей нормативно-технической документации на методы испытаний и приемки продукции. Цельнодеревянные элементы 3 сорта, соответствующие классу прочности К16, допускается использовать для мало ответственных конструкций.</p>					

4 Расчетные сопротивления R^p определяют по формуле:

$$R^p = R^h m_{дл} / (\gamma_m \gamma_n)$$

при обеспеченности 0,99 с учетом коэффициента надежности по материалу γ_m , определяемому из условия перехода от обеспеченности 0,95 для R^h к обеспеченности 0,99 для R^p (2,33) по выражению:

$$\gamma_m \geq (1 - \eta_n v) / (1 - \eta_p v),$$

где η_n , η_p - квантили для обеспеченности 0,95 для R^h (1,65) и обеспеченности 0,99 для R^p (2,33);

v - коэффициент вариации, а также с учетом коэффициентов надежности по ответственности и сроку службы $\gamma_{н(о)}$ и $\gamma_{н(с)}$.

Приложение В

Плотность древесины, фанеры и древесины из однонаправленного шпона

Породы древесины	Плотность древесины, кг/м ³ , в конструкциях для условий эксплуатации по таблице 1	
	А1, А2, Б1, Б2 (С1, С2)	всех остальных
Хвойные:		
лиственница	650	800
сосна, ель, кедр, пихта	500	600
Твердые лиственные:		
дуб, береза, бук, ясень, клен, граб, акация, вяз и ильм	700	800
Мягкие лиственные:		
осина, тополь, ольха, липа	500	600

Приложение Г

Данные для расчета сжатых, изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов

Таблица Г.1 - Значения коэффициента $k_{жN}$ для расчета сжатых и сжато-изгибаемых элементов с переменной высотой и постоянной шириной сечения

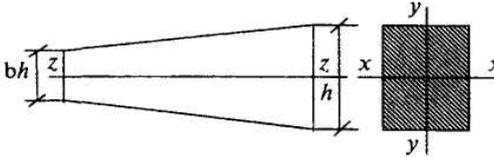
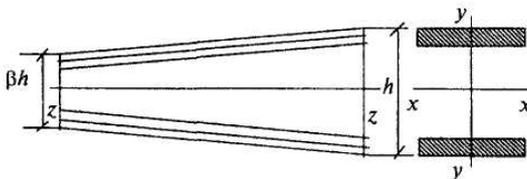
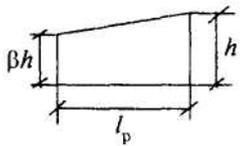
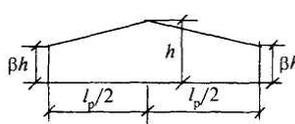
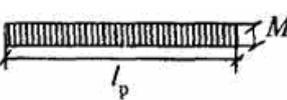
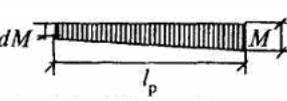
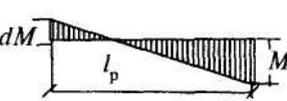
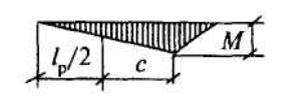
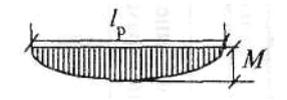
Условия опирания элементов	$k_{жN}$ при проверке			
	элементов прямоугольного сечения		элементов двутаврового и коробчатого сечений с постоянной высотой поясов	
			В плоскости y z	В плоскости x z
	$(0,4 + 0,6\beta)\beta$	$0,4 + 0,6\beta$	β	L
	$0,07 + 0,93\beta$	$0,66 + 0,34\beta$	$0,35 + 0,65\beta$	L

Таблица Г.2 - Значения коэффициентов k_{ϕ} и $k_{жM}$ для расчетов на устойчивость плоской формы деформирования

Форма эпюры моментов	k_{ϕ}		$k_{жM}$	
	При закреплении только по концам участка l_p	При закреплении по концам и растянутой от момента M кромке		
	1	1	$\beta^{1/2}$	$\beta^{1/2}$
	$1,75 - 0,75d$ $0 < d < 1$	$\frac{3}{2+d}$; $0 \leq d \leq 1$	$\beta^{\frac{1}{3-d}}$	$\beta^{1/2}$
	$2 - (0,5 + d)^2$ $-1 \leq d \leq 0$	$\frac{3}{2+d}$; $-2 < d \leq 0$	$\beta^{\frac{1}{3-d}}$	$\beta^{1/2}$
	$1,35 + 1,45(c/l_p)^2$	$1,35 + 0,3(c/l_p)$	$\beta^{\frac{1}{2+2c/l_p}}$	$\beta^{\frac{1}{3-2c/l_p}}$
	1,13	1,13	$\beta^{1/2}$	$\beta^{2/5}$

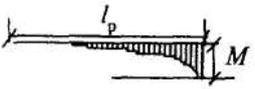
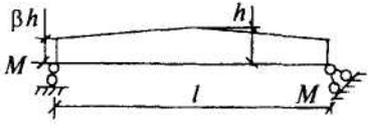
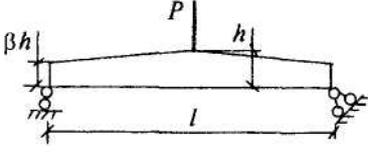
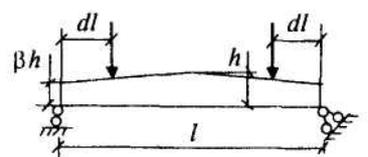
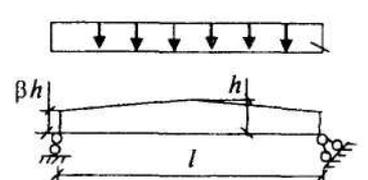
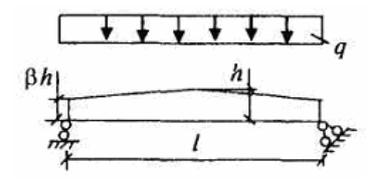
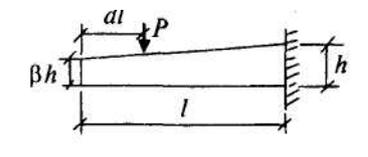
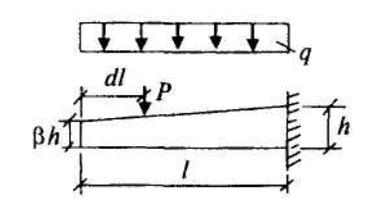
	2,45	2,32	$\beta^{1/4}$	$\beta^{1/2}$
-----------------------------------------------------------------------------------	------	------	---------------	---------------

Таблица Г.3 - Значения коэффициентов k и c для вычисления прогибов балок с учетом переменности сечения и деформаций сдвига

Поперечное сечение балки	Расчетная схема	k	c
Прямоугольное		β	0
»		$0,23 + 0,77\beta$	$1,64 + 7,6\beta$
»		$0,5d + (1 - 0,5)\beta$	$[45 - 24d(1 - \beta) + 3\beta] \times \frac{1}{3 - 4d^2}$
»		$0,15 + 0,85\beta$	$15,4 + 3,8\beta$
Двутавровое		$0,4 + 0,6\beta$	$(45,3 - 6,9\beta)\gamma$
Прямоугольное		$0,23 + 0,77\beta + 0,6d(1 - \beta)$	$[8,2 + 2,4(1 - \beta)d + 3,8\beta] \times \frac{1}{(2 + a)(1 - a)}$
»		$0,35 + 0,65\beta$	$5,4 + 2,6\beta$

Примечание - Здесь γ - отношение площади поясов к площади стенки двутавровой балки (высота стенки принимается между центрами тяжести поясов).

Приложение Д

Графики для расчета фанерных стенок балок и плит

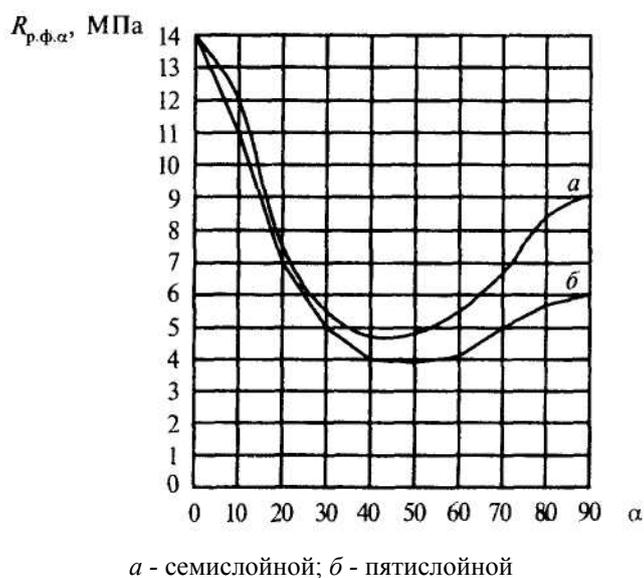


Рисунок Д.1 - Графики для определения расчетных сопротивлений при растяжении под углом к волокнам наружных слоев березовой фанеры марки ФСФ

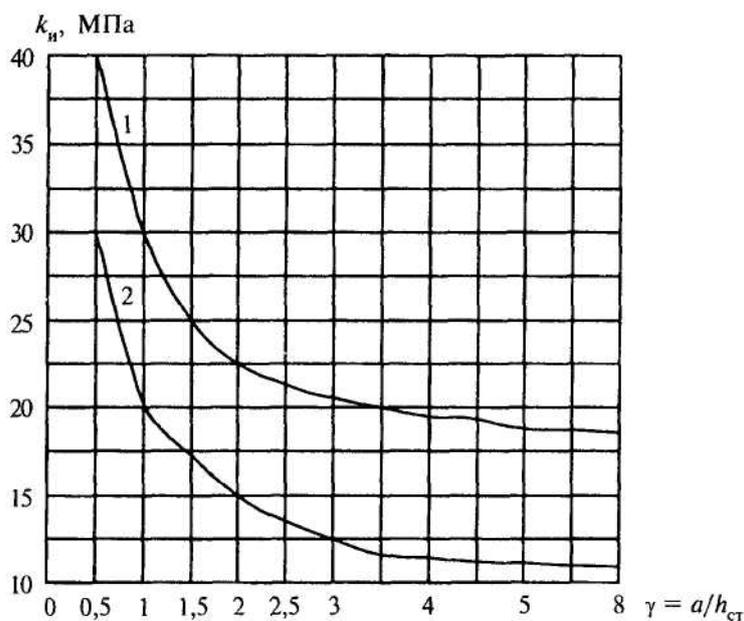
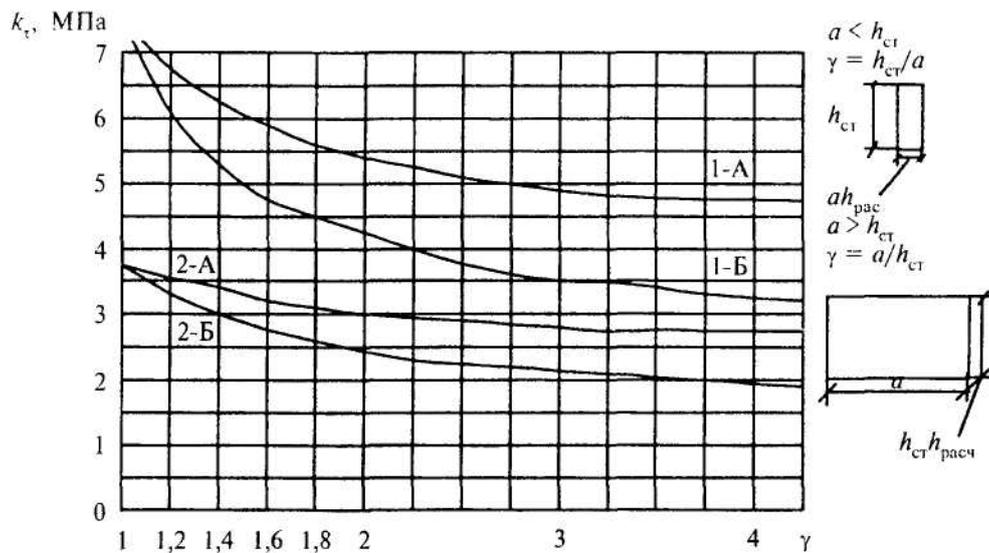


Рисунок Д.2 - Графики для определения коэффициента k_n при расположении волокон в наружных слоях фанеры вдоль пролета

1 - для бакелизированной фанеры марок ФБС и ФБСВ толщиной 7 мм и более; 2 - для березовой фанеры марки ФБС толщиной 8 мм и более. В выражении $\gamma = a/h_{ст}$ a - расстояние между ребрами жесткости балки; $h_{ст}$ - высота стенки между внутренними гранями полок



1-А - для бакелизированной фанеры марок ФБС и ФБСВ толщиной 7 мм и более при направлении волокон наружных слоев параллельно малой стороне панели; *1-Б* - для бакелизированной фанеры марок ФБС и ФБСВ толщиной 7 мм и более при направлении волокон наружных слоев перпендикулярно малой стороне панели; *2-А*, *2-Б* - то же, для березовой фанеры марки ФСФ толщиной 8 мм и более

Рисунок Д.3 - Графики для определения k_t

Приложение Е

Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

[СНиП 2.01.07-85](#) Нагрузки и воздействия

[СНиП 2.08.02-89*](#) Общественные здания и сооружения

[СНиП 21-01-97](#) Пожарная безопасность зданий и сооружений

[СНиП II-3-79*](#) Строительная теплотехника

[СНиП II-25-80](#) Деревянные конструкции

[ГОСТ 8486-86*](#) Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия

[ГОСТ 2695-83](#) Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия

[ГОСТ 9463-88](#) Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия

[ГОСТ 9462-88](#) Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия

[ГОСТ 3916.1-96](#) Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия

[ГОСТ 3916.2-96](#) Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород. Технические условия

[ГОСТ 11539-83](#) Фанера бакелизованная. Технические условия

[ГОСТ 21488-97](#) Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия

[ГОСТ 20437-89Е](#) Материал прессованный АГ-4. Технические условия

[ГОСТ 13913-78*](#) Пластики древесные слоистые. Технические условия

[ГОСТ 30247.0-94](#) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость.

Общие требования

[ГОСТ 30247.1-94](#) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость.

Несущие и ограждающие конструкции

[ГОСТ 30403-96](#) Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности

[ГОСТ 15613.4-78](#) Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе

[ГОСТ 21554.2-81](#) Пиломатериалы и заготовки. Методы определения предела прочности при статическом изгибе

[ГОСТ 21554.5-78](#) Пиломатериалы и заготовки. Методы определения предела прочности при продольном растяжении

[ГОСТ 21554.6-78](#) Пиломатериалы и заготовки. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон

[ГОСТ 4.208-79](#) СПКП. Строительство. Конструкции деревянные клееные. Номенклатура показателей

[ГОСТ 18321-73](#) Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции

[ГОСТ 27812-88](#) Древесина клееная массивная. Метод испытания клеевых соединений на расслаивание

[ГОСТ 17005-82](#) Конструкции деревянные клееные. Метод определения водостойкости клеевых соединений

EN 338. Конструкционная древесина. Классы прочности

EN 386 Клееный брус и столярная плита. Требования к рабочим характеристикам и минимальные требования к изготовлению

Приложение Ж

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ ПРИ ВКЛЕИВАНИИ СТЕРЖНЕЙ

Ввиду особой важности и ответственности процесса, рекомендации могут применяться только на предприятиях со специально обученным персоналом и непосредственно лицами, допущенными к этой операции приказом по предприятию.

Эти работы оформляются актом на скрытые работы, подписанным ОТК, исполнителем и технологом. Процесс возможен только в заводских условиях, при положительной температуре, при влажности древесины не выше 15% и в защищенных от увлажнения помещениях.

1. Материалы

5.1. Для клеивания используется эпоксидный клей следующих составов:

Состав 1

смола «ЭТАЛ-370» - 100 в.ч.

(ТУ 2257-007-40035020-97)

отвердитель «ЭТАЛ-45М» - 50 в.ч.

(ТУ 2257-003-40035020-96)

Наполнитель – кварц молотый

(ГОСТ 9077-82, марка «Б»)

Состав 2

Смола ЭД-20 - 100 в.ч.

(ГОСТ 20587)

Отвердитель – полиэтиленполиамин – 12 в.ч.

(ТУ6-02-594-70)

портландцемент или молотый песок – 50-100 в.ч.

Возможность использования других составов и марок клея для клеивания стержней должна быть обоснована соответствующими испытаниями.

1.2. Для клеивания используются металлические стержни - из арматуры периодического профиля классов А-П, АШ и А-1У. Если предполагается сварка или гнутье, то термически упрочненная арматура класса А1У не допускается. Стержни не должны иметь погيبь по длине и должны быть без заусенцев, очищены от окалины, ржавчины, грязи, краски, обезжирены. На них на всей клеиваемой длине должны быть рифы полного профиля. Очистку лучше производить пескоструйным или химическим способами.

Допускается использовать высокопрочную арматуру с винтовой формой профиля и специальными гайками без сварки. Может использоваться и арматура класса А-1 (гладкая) после нарезки на ней резьбы на клеиваемой части. Стержни могут быть оцинкованы.

Стержни могут быть сварены с закладными деталями перед клеиванием или после в соответствии с требованиями СНиП. Допускается комбинированный вариант. При сварке после клеивания необходимо руководствоваться п. 7.4. и 7.5. настоящих рекомендаций.

1.3. Влажность древесины для устройства таких соединений допускается не более 12% при эксплуатации конструкций внутри помещений и не более 15% - для открытых

сооружений.

2. Сверление отверстий и инструмент

2.1. Перед сверлением производится разметка осей стержней и направление их мелом на боковой поверхности.

2.2. Определяется порядок сверления, чтобы отверстия, в случае пересечения внутри, не привели к утечке клея или к образованию "сообщающихся сосудов". Лучше сверление производить только с одной грани, затем после вклеивания стержней и выдержки – с противоположной грани.

2.3. Наклон отверстий к горизонту не должен быть меньше 30° для удобства заполнения клея самотеком.

2.4. Диаметр отверстий должен быть больше наружного диаметра стержней на 3-4 мм.

2.5. Минимальное расстояние до боковой плоскости от края отверстия не должно быть меньше 25 мм при глубине отверстия до 700 мм и 30 мм при большей глубине.

2.6. При сверлении отверстий должны использоваться шаблоны, конструкция которых разрабатывается заводом-изготовителем совместно с проектировщиками.

2.7. Отверстия следует сверлить непосредственно перед вклеиванием. Они не должны оставаться свободными дольше одной смены, чтобы исключить возможность попадания в них воды, пыли, грязи и др.

2.8. После сверления отверстия желательно продувать сжатым воздухом или прочищать специальным ершом от опилок.

2.9. Диаметр и глубину отверстий, а также диаметр и длину соответствующих стержней необходимо контролировать погружением последних в отверстия без клея. При этом нельзя допускать, чтобы короткие стержни "утонули" в отверстия. Глубина сверления отмечается на сверлах краской, цветной изолентой или муфтами-ограничителями.

2.10. Для сверления используются специальные длинные сверла для древесины или обычные сверла по металлу.

2.11. Длина сверл регулируется путем наращивания арматурными стержнями диаметром 12-14 мм на сварке. При этом центрирование легко достигается проковкой стыка в горячем состоянии. Конус нужного калибра также присоединяется на сварке.

2.12. Для сверления используются ручные дрели мощностью не менее 600 Вт, обязательно с двумя ручками.

3. Подготовка стержней к вклеиванию

3.1. Стержни перед вклеиванием должны быть повторно освидетельствованы и соответствовать по классу стали, количеству, диаметрам и глубине проекту и качеству.

3.2. Необходимо убедиться в соответствии марки закладной детали проекту.

3.3. Стержни должны свободно, без усилий входить в отверстия и занимать проектное положение. Для этого они должны быть проверены пробным погружением насухо.

3.4. Стержни не должны быть загрязнены маслами, не должны быть влажными или покрытыми ржавчиной. Для очистки используют щетки, наждачную бумагу, ацетон или пескоструйный аппарат.

3.5. Перед вклеиванием температура стержней не должна быть ниже 18-20°C; для легкости погружения допускается подогрев стержней до 30 - 40 °С.

4. Приготовление клеев

Перед работой следует убедиться в наличии компонентов в необходимом объеме, в их соответствии наименованиям, срокам годности и спецификациям (в проекте).

4.1. Клей можно приготавливать при температуре воздуха в помещении и компонентов клея в пределах 20-25°C. Следует иметь в виду, что при повышении температуры резко снижается жизнеспособность клея, а при понижении - снижается технологичность. Увеличение температуры может привести к мгновенной реакции и, как следствие, - к

проблемам клеивания, порче закладных деталей и посуды.

4.2. Необходимо строго контролировать время с момента смешивания отвердителя и смолы. Оно не должно превышать времени рабочей жизнеспособности клея (т.е. 20-30 мин., в зависимости от температуры).

4.3. Для повышения жизнеспособности клей допускается охлаждать в емкости с водой, но при этом нельзя допускать попадания воды в клей или в отверстия.

4.4. Для приготовления клея лучше использовать пластмассовую толстостенную посуду.

4.5. Одновременно следует приготавливать не более 2,5 кг клея из-за опасности его разогрева и неуправляемой реакции.

4.6. Для взвешивания использовать весы с точностью до 10 г.

5.1. Последовательность приготовления композиции: смола, отвердитель, наполнитель .

4.8. Время перемешивания клея – 3-4 мин. вручную, при механическом перемешивании – 2-3 мин, до однородной массы.

4.9. Перед приготовлением клея произвести тестирование качества компонентов путем изготовления контрольных образцов клея в объеме 20-50 г с отверждением при повышенной температуре (до 30°) для активизации процесса.

4.10. При определении объема клея для приготовления следует произвести соответствующие расчеты с учетом времени на все операции: заполнения отверстий клеем, погружения стержней и др. Обычно приготавливают не более 1-2 кг клея. Для клеивания одного стержня длиной 1 м диаметром 20 мм требуется в среднем 350 г клея. Но в каждом случае удельный расход клея уточняется опытным путем, пробным клеиванием первых стержней, чтобы после погружения стержня из отверстия появлялся небольшой избыток клея (порядка 5-10 г).

4.11. Дозировка клея по объему не допускается из-за налипания клея на стенки посуды и др. специфических особенностей.

5. Заполнение клеем отверстий и погружение стержней

Это одна из ответственных операций, которая должна контролироваться особо службой ОТК.

5.1. Перед заполнением клеем для контроля глубины и диаметра отверстия необходимо опустить в него стержень насухо.

5.2. Заполнение клеем и клеивание стержня производится последовательно, только в одно - два отверстия, чтобы избежать неконтролируемой полимеризации или "голодного" склеивания, когда может оказаться недостаток клея из-за непредвиденных утечек или его избыток.

5.3. Для заполнения клеем необходимо использовать мерную емкость объемом только на одно отверстие. Это обязательное условие качественного склеивания.

5.4. Не допускается заполнение нескольких отверстий из общей емкости без контроля объема. Это неизбежно приведет к браку соединений. При этом исключается возможность контроля полноты заполнения.

5.5. В отдельных случаях (для крупногабаритных конструкций) допускается заполнение клеем через дополнительные отверстия под давлением с использованием специальных туб типа шприцев или пневмоустановок. Ввиду важности, такие операции должны производиться под контролем представителя проектной организации. После появления избытка клея сверху над стержнем дополнительные отверстия должны забиваться специальными пробками.

5.6. Одновременно с заполнением отверстий, должны изготавливаться контрольные образцы для испытаний на продавливание (см. раздел 6).

5.7. Сразу после заполнения отверстия клеем, в него погружается стержень. Погружение производится вдавливанием с вращением. Операция упрощается и качество возрастает, если погружение производится вибратором (вибробулавой со специальной насадкой). Если после

погружения из отверстия избыток клея не появился, то стержень необходимо приподнять и установить величину и причину недостатка в клее. Если отверстие оказалось незаполненным до верха на 2-3 диаметра, то допускается недостающую компенсировать подливкой, если же следов клея не будет обнаружено более чем на 1/3 длины стержня, то его надлежит вытащить полностью, произвести заполнение отверстия дополнительным объемом и произвести повторное погружение. При этом необходимо обязательно выявить и устранить причину “голодного” клеивания. Причина может состоять в ошибках при дозировке клея или в утечке клея в трещины или в соседние отверстия.

5.8. Соединения, в которых обнаружены утечки клея, должны активироваться или браковаться с заменой их новыми по предложениям авторов проекта.

5.9. Одновременно с клеиванием стержней, производится изготовление контрольных образцов для испытаний на продавливание, по одному образцу на каждую конструкцию или узел, в котором используется более 5 стержней.

6. Выдержка соединений после клеивания и контроль качества

6.1. После клеивания соединения должны находиться в состоянии покоя при температуре + 18 С не менее 10-12 часов для достижения соединением разборной прочности.

6.2. После 12 часов выдержки соединения могут перемещаться, кантоваться, но не допускается их нагружение .

6.3. Нагружать соединение усилием в 70% от расчетной нагрузки допускается после трех суток отверждения клея.

6.4. Испытания контрольных соединений производят не ранее, чем через 3 суток отверждения при температуре воздуха + 18 °С.

6.5. Контроль качества соединений включает следующее:

- контроль влажности древесины в отверстиях;
- правильность разметки;
- соответствие параметров соединений проекту;
- соответствие класса арматуры проекту;
- соответствие качества поверхности стержней;
- контроль качества компонентов клея;
- контроль жизнеспособности клея при заданной температуре в зоне производства работ;
- контроль условий производства работ (наличие подмостей, расположения оси отверстий по отношению к горизонту, наличие инструментов, наличие контрольных образцов и маркировки на них, готовность технологической карты и т.п.;
- контроль последовательности сверления отверстий и клеивания;
- наличие емкостей для заполнения отверстий клеем объемом на одно соединение.

6.6. Контроль полноты заполнения отверстий клеем при погружении стержней.

6.7. Активирование соединений с “ голодным” клеиванием и меры по устранению его причин.

6.8. Отметки в журналах работ по технологическому процессу.

6.9. Проведение испытаний контрольных образцов на продавливание. Результаты не должны быть ниже 60 кг/см² .

Прочность на продавливание определяется отношением разрушающей нагрузки к боковой поверхности отверстия:

$$\tau = P_{\text{разр.}} / \pi \times d \text{ отв.} \times l_{\text{вкл.}}$$

6.10. Оформление результатов испытаний в журнале. При этом отмечается наименование объекта, марка конструкций, дата клеивания.

6.11. В случае низких результатов, совместно с авторами проекта, принимается решение

об усилении или испытаниях всех соединений.

6.12. На каждую партию конструкций составляется акт скрытых работ по устройству соединений на клеенных стержнях. Партией считаются конструкции в количестве не более 10 элементов или 10 узлов, принадлежащих к одному объекту и изготовленных в одну смену.

7. Техника безопасности

7.1. Помещение, где производится приготовление клея, должно быть оборудовано общей и местной принудительной и естественной вентиляцией, горячей и холодной водой.

7.2. При работе с клеем обязательно использовать резиновые или полиэтиленовые перчатки.

7.3. Попавший на руки клей можно удалять ацетоном и водой с мылом.

7.4. При сварке клеенных деталей необходим местный отсос продуктов горения и соблюдение противопожарных мероприятий. Защита древесины от копоти, обугливания и воспламенения производится с помощью экранов из стали, асбеста и проч.

7.5. Сварку вести шпоночными швами по захваткам, чтобы исключить перегрев и воспламенение древесины. Продолжительность непрерывной сварки одного шва не должна превышать 1 минуту.

Приложение И

Классификация ДК

1. ДК подразделяют (классифицируют) по основным признакам:

- функциональному назначению;
- условиям эксплуатации.

2. **По функциональному назначению** ДК подразделяют на классы, исходя из учета ответственности зданий и сооружений, для которых используются конструкции, согласно требованиям раздела 5 [ГОСТ 27751](#) к уровням ответственности зданий и сооружений:

I класса - конструкции для зданий I уровня ответственности, используемых в качестве несущих, когда выход из строя конструкции вызывает разрушение здания и сооружения или его части, что связано с большими материальными или людскими потерями. К ним относятся большепролетные конструкции спортивно-зрелищных, торговых, жилых и общественных зданий и сооружений, как правило, индивидуального проектирования;

II класса - конструкции для зданий II уровня ответственности. К ним относятся конструкции производственных, складских и т.п. зданий;

III класса - преимущественно ненесущие конструкции для зданий III уровня ответственности, к которым относятся брусья стен, каркасы ограждающих конструкций панелей, архитектурно-декоративные и другие элементы.

3. **В зависимости от условий эксплуатации**, конструкции относят к группам эксплуатации, учитывающим эксплуатационные параметры относительной влажности, температуры воздуха в зоне расположения конструкций, характерные условия эксплуатации (в закрытых или открытых условиях). Учет групп условий эксплуатации осуществляется для назначения поправочных коэффициентов к расчетным сопротивлениям древесины, выбора типа клеев и защитных материалов при проектировании конструкций, а также для выбора системы контроля качества при изготовлении конструкций. Группы эксплуатации по классификации европейских стандартов для дальнейшей их увязки с международными стандартами (например EN 386, 204, 335) приведены в [приложении Л](#).

Приложение К

Паспорт здания с применением ДК

(примерная структура и основное содержание)

1 Общие сведения

Паспорт - основной документ, удостоверяющий данные, позволяющие определенно смонтировать здание как объект недвижимости, параметры его безопасности и потребительского качества, расположение здания на земельном участке и на территории поселения, и удостоверяющий сведения о праве собственности и основные взаимоотношения сторон (разработчик проекта, изготовитель его комплекта и потребитель).

Паспорт разрабатывается, заполняется (по нормативным параметрам безопасности и качества ДК) и оформляется (в виде брошюры с твердым переплетом) организацией (или лицом), осуществляющей проектирование конкретного здания с каркасом из ДК или его части.

Оформленный паспорт передается по акту изготовителю, который:

- а) передает его с комплектом конструкций и изделий потребителю
- б) заполняет паспорт на основе результатов приемки построенного задания и передает его по акту потребителю.

Потребитель завершает заполнение паспорта (при регистрации здания как объекта собственности) и осуществляет его эксплуатацию.

2 Структура паспорта

Паспорт должен включать разделы:

- введение;
- учетные сведения;
- общая характеристика здания (его части);
- параметры безопасности и качества;
- указания по строительству (монтажу) ДК;
- правила эксплуатации и обслуживания ДК;
- основные права, обязательства и ответственность сторон;
- приложения.

3 Содержание разделов паспорта

3.1 Введение

Статус и назначение паспорта; объект паспорта (типологическое наименование здания, покрытия); сведения об экспертизе (сертификации) проекта и ДК; указания по его заполнению и ведению; ссылка на настоящий стандарт или другой нормативный документ, определяющий структуру и содержание паспорта.

3.2 Учетные сведения

3.2.1 Сведения о разработчике проекта (наименование, адрес, лицензия; подписи руководителя и исполнителя; печать; дата составления; заказчик проекта).

3.2.2 Сведения об изготовителе ДК (наименование, адрес, лицензия; подпись руководителя; печать; дата заполнения; наименование документа (декларация, сертификация), подтверждающего соответствие ДК требованиям настоящего стандарта или другого нормативного документа).

При строительстве здания изготовителем его комплекта также указываются фактические параметры качества ДК - по результатам акта приемки построенного здания.

Если строительство здания осуществлено другой организацией, то указываются ее учетные сведения.

При строительстве здания самим потребителем об этом делается соответствующая запись.

3.2.3 Сведения о потребителе (владельце) здания (фамилия, имя, отчество физического

лица или наименование юридического лица; адрес; сведения о регистрации прав собственности и о возможном их изменении - при продаже, дарении и т.п.).

Заполняются потребителем (владельцем) здания.

3.2.4 Сведения о страховании ДК (страховая организация, адрес, лицензия; условия страхования, номер страхового полиса; даты, подписи, печати).

Заполняются страховой организацией.

3.2.5 Другие сведения (обременения; сметная и инвентаризационная стоимость здания (комплектов ДК); переоценки. Отметки проверяющих и контролирующих органов - пожарнадзора и др.).

Заполняются соответствующими организациями по мере появления сведений.

3.3 Общая характеристика здания (его части из ДК)

3.3.1 Характеристика здания из ДК (основные проектные (фасады, планы этажей) и конструктивные решения ДК; спецификация комплектов конструкций, изделий, деталей и материалов; сведения о нормативной базе (СНиПы, стандарты и др.); характеристики фундаментов).

Заполняется разработчиком проекта (с учетом наличия места для внесения сведений о возможных последующих изменениях проектно-конструктивных решений в период его эксплуатации).

3.4 Параметры безопасности и качества ДК

Излагаются в табличной форме перечни параметров безопасности и качества ДК, предусмотренные настоящим стандартом, и нормативные (проектные) значения (заполняются разработчиком проекта) и фактические значения (заполняются по результатам сдачи-приемки ДК после строительства). Могут указываться методы или особенности оценки параметров.

Приводятся сведения об условиях упаковки, маркировки, комплектации и хранения конструкций и изделий.

Заполняется разработчиком проекта с указанием сведений, вносимых на последующих стадиях существования ДК.

3.5 Указания по строительству (монтажу) ДК

Приводятся:

- а) общие сведения об условиях перевозки и хранения конструкций на участке постройки;
- б) меры по обеспечению безопасности при выполнении работ.

Заполняется разработчиком проекта ДК.

Сдача ДК потребителю оформляется актом в соответствии с действующими требованиями.

3.6 Правила эксплуатации и обслуживания ДК

Приводятся сведения о видах и содержании профилактических осмотров, о техническом обслуживании конструкций с указанием нормативных сроков их службы до капремонта или полной замены, содержание ремонтных работ. Выявленные неисправности (повреждения, дефекты) и работы по их устранению с указанием даты выполнения работ, фиксируются в отдельной таблице - приложении к данному разделу.

Излагаются меры по обеспечению безопасности при эксплуатации ДК и проведении осмотров, техобслуживания и ремонта.

Заполняется разработчиком проекта.

3.7 Основные права, обязательства и ответственность сторон

Указываются гарантийные обязательства изготовителя ДК и условия их выполнения (например, при соблюдении правил хранения, транспортирования, монтажа комплекта конструкций и изделий, при соблюдении правил эксплуатации и обслуживания ДК).

Рекомендуемый гарантийный срок службы комплекта деревянных конструкций и изделий - не менее 10 лет.

Излагаются основные правоотношения сторон (разработчика проекта, его изготовителя и потребителя) в соответствии с действующими законодательными и нормативно-правовыми актами (Гражданский кодекс, Жилищный кодекс, Закон РФ «О защите прав потребителей» и др.).

Структура правоотношений должна четко разделять права, обязательства и ответственность сторон.

Заполняется разработчиком проекта.

3.8 Приложения

Приводятся перечни законов РФ и нормативно-правовых актов, относящихся к объекту паспортизации, и другие справочно-информационные материалы (например, перечень справочников, пособий и др.). Могут помещаться копии документов разработчика проекта и его изготовителя (лицензии, дипломы, сертификаты и др.).

Приложение Л

Группы условий эксплуатации ДК*

Группы***	Общая характеристика условий эксплуатации	Особенности учета условий эксплуатации при		
		расчете конструкций**	выборе клеев	выборе средств защиты
C1 (A1, A2)	Температура (t) = 20 °С, относительная влажность воздуха φ не превышает 65 % (возможно временное превышение несколько недель в году). Этим условиям соответствует климат внутри отапливаемых зданий с сухим влажностным режимом по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»	В данных условиях эксплуатации равновесная влажность древесины W_p не превышает 12 %	Требования к водостойкости клеевых соединений не предъявляются, а к соединениям несущих конструкций должны быть предъявлены требования к расслаиванию по ГОСТ 27812 . Влажность склеиваемых слоев не должна превышать 10 %	Требования к влагозащитным и биозащитным свойствам средств не предъявляются
C2 (A3)	Температура (t) = 20 °С, относительная влажность воздуха φ не превышает 85 % (возможно временное превышение несколько недель в году)	В данных условиях эксплуатации равновесная влажность древесины W_p не превышает 20 %	Клеи должны быть аттестованы соответственно для классов C2.1. и C2.2 по водостойкости по ГОСТ 17005 , а клеевые соединения - на расслаивание по ГОСТ 27812	Для класса C2.1 требования к влаго- и биозащитным свойствам средств не предъявляются. Для класса C2.2 должны предъявляться требования к влаго- и биозащитным свойствам средств
C2.1	Этим условиям соответствует климат внутри отапливаемых зданий с нормальным влажностным режимом (φ не превышает 75 %)	Равновесная влажность древесины W_p не превышает 15 %		
C2.2	Этим условиям соответствует климат внутри отапливаемых зданий с влажным влажностным режимом (φ не превышает 85 %)	Равновесная влажность древесины W_p не превышает 20 %		
C3 (B1, B2)	В условиях высокой естественной или искусственной влажности	В данных условиях эксплуатации равновесная влажность древесины W_p превышает 20 %	Клеи должны быть аттестованы соответственно для класса C3.1 по водостойкости по ГОСТ 17005 , а клеевые соединения - на расслаивание по СТО 029495282-004-2006. Для классов C3.2 и C4 клеи и клеевые соединения должны быть аттестованы по самым высоким требованиям соответственно по водостойкости и на расслаивание	Должны предъявляться повышенные требования к влагозащитным свойствам лакокрасочных покрытий, а биозащитная обработка проведена методом антисептирования
C3.1 (B3)	В закрытых условиях или под навесом (соответствует мокрый влажностный режим по СНиП 23-02)			
C3.2 (B1-B3)	В условиях при непосредственных атмосферных воздействиях			
C4 (Г1)	В открытых условиях при контакте с грунтом и водой	При контакте с грунтом		Биозащитная обработка должна быть проведена методом
C4.1 (Г2)				

C4.2 (Г2)	В пресной воде			консервирования
C4.3	В морской воде			

* Представленные классы соответствуют классификации по европейским стандартам:
C1, C2, C3 - соответственно классам I, II, III по EN 386;
C1 и C2.1 - классу D1 по EN 204;
C2.2 - классу D2 по EN 204;
C3.1 - классу D3 по EN 204;
C3.2 - классу D4 по EN 204;
C1 и C2.1 - классу 1 по EN 335;
C2.2 - классу 2 по EN 335;
C3.1 - классу 3.1 по EN 335;
C3.2 - классу 3.2 по EN 335;
C4.1 - классу 4.1 по EN 335;
C4.2 - классу 4.2 по EN 335;
C4.3 - классу 5 по EN 335.

** Учитывается коэффициентом условий работы к расчетному сопротивлению.

*** В графе «Группы» в скобках даны обозначения температурно-влажностных условий эксплуатации, используемые в настоящем стандарте. А предлагаемая таблица включена в стандарт для последующей увязки стандарта с европейскими нормами.