



**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
«АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ» (НП «АД»)**

**СТАНДАРТ
АССОЦИАЦИИ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ**

СТАДД – 3.2. - 2011

**Деревянные конструкции
Соединения деревянных элементов с
использованием зубчатых пластин**

Санкт-Петербург

2012

УДК 624.011.1.04

Ключевые слова: древесина, зубчатая пластина, соединения, конструкции деревянные, прочность, плотность, нагрузка, влажность.

Предисловие

Целью и задачей разработки стандарта является разработка системы нормативно-технического обеспечения в области проектирования соединений деревянных конструкций и ее гармонизация с требованиями международных стандартов.

В настоящем стандарте реализованы положения, нормы и требования Федерального закона № ФЗ 184 «О техническом регулировании», а правила разработки и оформления с ГОСТ Р 1.0 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения». и ГОСТ Р 1.4. – 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»

Стандарт гармонизирован с основными требованиями европейских норм

1. Разработан и ВНЕСЕН: Ассоциацией деревянного домостроения, в порядке инициативы создания стандарта организации (д-р техн. наук, академик академии строительства Украины, член-корреспондент международной академии наук высшей школы А. Я. Найчук, член Совета Партнерства НП АДД) и Санкт-Петербургским архитектурно-строительным университетом, (заведующий кафедрой конструкций из дерева и пластмасс д-р техн. наук, проф. Академик РАЕН А. Г. Черных, д-р техн. наук, д.т.н., проф. Е. Н. Серов, канд. тех. наук, доцент Каратеев Л.П., ассистенты - Григорьев К.С., Данилов Е.В., Коваль П.С. – кафедра конструкций из дерева и пластмасс), руководитель рабочей группы НП АДД по крепежу Головченко И.В.,

Сведения о стандарте:

РЕКОМЕНДОВАН К ПРИНЯТИЮ Советом Партнерства Ассоциации деревянного домостроения протокол №2 от 27 января 2012 года.

3 УТВЕРЖДЕН приказом генерального директора ассоциации деревянного домостроения 2012 г. №.....

4. ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ с2012 г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Замечания и предложения следует направлять в НП «Ассоциация деревянного домостроения» (т/ф: +7 (812) 655-02-20; e-mail: add@npadd.ru).

Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Ассоциации деревянного домостроения

Содержание

	стр.
Введение.....	5
1 Область применения.....	6
2 Нормативные ссылки.....	6
3 Термины и определения.....	8
4 Символы и сокращения.....	10
5 Классификация зубчатых пластин	12
5.1 Зубчатые пластины типа С1.....	14
5.2 Зубчатые пластины типа С2.....	19
5.3 Зубчатые пластины типа С3.....	19
5.4 Зубчатые пластины типа С4.....	19
5.5 Зубчатые пластины типа С5.....	19
5.6 Зубчатые пластины типа С6.....	20
5.7 Зубчатые пластины типа С7.....	20
5.8 Зубчатые пластины типа С8.....	20
5.9 Зубчатые пластины типа С9.....	20
5.10 Зубчатые пластины типа С10.....	20
5.11 Зубчатые пластины типа С11.....	20
5.12 Материалы зубчатых пластин.....	20
6 Конструктивные требования к соединениям деревянных элементов, выполненных с использованием зубчатых пластин.....	21
7 Расчет соединений элементов деревянных конструкций, выполненных с использованием зубчатых пластин	21
8 Методика испытаний соединений элементов деревянных конструкций, выполненных с использованием зубчатых пластин	21
8.1 Общие положения.....	21
8.2 Форма и размеры испытываемых образцов соединений.....	21
8.3 Оборудование.....	21
8.4 Условия проведения испытаний.....	21
8.5 Порядок проведения испытаний.....	21
8.5.1 Оценка максимальной нагрузки.....	21
8.5.2 Режимы нагружения.....	21
8.5.3 Измерение смещений.....	21

8.5.4 Измерение нагрузки.....	
8.6 Обработка результатов испытаний.....	
8.7 Корректировка результатов испытаний и определение несущей способности соединения.....	
9 Правила оформления результатов испытаний.....	

Введение

Настоящий стандарт организации подготовлен Ассоциацией деревянного домостроения в рамках принятой программы «Общая программа работ по нормативно-техническому обеспечению производства и применению деревянных конструкций». Первоочередными задачами программы являются разработка системы нормативно-технического обеспечения в области проектирования соединений деревянных конструкций для малоэтажных деревянных домов и ее гармонизация с требованиями европейских стандартов. Такая необходимость обусловлена значительным развитием технологических процессов при строительстве малоэтажных деревянных домов, сокращением сроков проектирования и строительства, а также повышением их долговечности.

Важное место в системе этих нормативных документов принадлежит стандартам, в которых должны быть установлены требования к изделиям, материалам и элементам соединений, их конструированию, испытаниям и расчету.

Настоящий стандарт организации устанавливает требования к соединениям элементов деревянных конструкций выполненных с использованием металлических зубчатых пластин, а также к методам испытаний по определению их несущей способности и надежности.

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к зубчатым металлическим пластинам, соединениям деревянных элементов с использованием металлических зубчатых пластин, расчету таких соединений, а также устанавливает правила по определению несущей способности и деформативности соединений деревянных конструкций, выполненных с использованием металлических зубчатых пластин на основе их испытаний.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимо использование ссылочных документов. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80

СО СТАДД – 3.1 – 11 Деревянные конструкции. Соединения на гвоздях, винтах и шурупах. Требования и методы испытаний

EN 1995-1-1 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Общие правила и правила для зданий

EN 912 Детали крепежные для деревянных изделий. Технические требования к соединительным элементам

EN 1562 Литье. Ковкий чугун

EN 10139 Полоса холоднокатаная без покрытия из мягкой стали для холодной штамповки. Технические условия поставки

EN 10142+A1 Полосы и листы из мягких сталей, оцинкованные методом непрерывного горячего погружения, для холодной обработки давлением. Технические условия поставки

EN 10147+A1 Полосы и листы конструкционных сталей, оцинкованные методом непрерывного горячего погружения. Технические условия поставки

EN 26891 Деревянные конструкции. Соединения на механических связях. Общие принципы определения прочности и деформативности

ISO 554 Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и/или испытаний. Технические условия

3 Термины и определения

3.1 Зубчатая пластина – пластина, имеющая зубья или штыри по краям.

Примечание – Зубчатые пластины могут быть двухсторонними и односторонними.

3.2 Двухсторонняя зубчатая пластина – зубчатая пластина, симметричная в поперечном разрезе и вдавленная в каждую контактирующую поверхность двух смежных деревянных элементов.

3.3. Односторонняя зубчатая пластина – зубчатая пластина, вдавленная в контактирующую поверхность деревянного элемента только на одной стороне.

3.2 Модуль жесткости – значение, равное отношению нагрузки к величине смещения.

3.3 Характеристическое значение – значение свойства материала или изделия, имеющее установленную вероятность недостижения при гипотетически неограниченном числе испытаний. Это значение обычно соответствует установленной квантили принятого статистического распределения отдельного свойства материала или изделия. В некоторых случаях в качестве характеристического значения используется номинальное значение.

4 Символы и сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие обозначения:

Обозначение СНиП II-25- 80	Обозначение EN1995-1-1	Наименование
S_1	a_1	- шаг болтов вдоль волокон в мм;
S_2	a_2	- шаг болтов поперек волокон в мм;
S_3	$a_{3,1}$	- расстояние от оси болта до кромки элемента в мм;
S_1	$a_{4,1}$	- расстояние от оси болта до торца элемента в мм;
α	α	- угол между направлением волокон и прикладываемым усилием в град;
d	d	- диаметр стяжного болта в мм;

d_1	d_1	- диаметр центрального отверстия в зубчатой пластине под стяжной болт в мм;
d_2	d_2	- диаметр отверстий под гвоздь; диаметр внутреннего круга зубцов в мм;
d_3	d_3	- диаметр наружного круга зубцов в мм;
d_4	d_4	- диаметр перфораций в мм;
d_c	d_c	- диаметр пластины в мм
h_1	h_1	- высота зуба в мм;
h_c	h_c	- общая высота в мм;
	h_e	- глубина вдавливания зубьев в мм;
t	t	- общая толщина пластины в мм;
	t_1	- толщина внешнего элемента соединения в мм;
	t_2	- толщина внутреннего элемента соединения в мм;
r	r	- радиус в мм;
	r_{pl}	- количество рядов зубчатых пластин в соединении;
	n	- количество стяжных болтов в ряду;
	n_{ef}	- расчетное количество болтов;
	n_{sp}	- количество плоскостей сдвига в соединении;
	v	- смещения в соединении в мм;
	01-28	- индексы;
	k_1, k_2, k_3 и k_4	- коэффициенты;
	k_{mod}	- коэффициент модификации, учитывающий длительность действия нагрузки и условия эксплуатации;
	γ_m	- коэффициент свойств материала и изделий;
ρ_{cp}	ρ_m	- среднее значение плотности в кг/м ³ ;
ρ^H	ρ_k	- характеристическое (нормативное) значение плотности в кг/м ³ ;
	F_{est}	- ожидаемая максимальная нагрузка в Н;
N_t	F_{max}	- максимальное значение нагрузки в Н;
	$F_{v,Rd}$	- расчетное значение несущей способности зубчатой пластины в соединении в Н;
	$F_{c,Ed}$	- сжимающее усилие в Н;
	$F_{t,Ed}$	- растягивающее усилие в Н;
T^H	$F_{v,Rk,connect}$	- характеристическое (нормативное) значение несущей способности соединения в Н;
T^H	$F_{v,Rk}$	- характеристическое (нормативное) значение несущей способности зубчатой пластины в Н;
	$F_{v,Rk,bolt}$	- характеристическое (нормативное) значение несущей способности стяжного болта в Н;
	$N_{t,Ed}$	- расчетное растягивающее усилие в Н;
	$N_{c,Ed}$	- расчетное сжимающее усилие в Н;

	K_{ser}	- модуль жесткости соединения в Н/мм;
	$K_{ser,sc}$	- жесткость соединения для одной плоскости сдвига в Н/мм;
	$K_{ser,dc}$	- жесткость для двухсрезного соединения в Н/мм;

В дальнейшем в настоящем стандарте обозначения, термины и определения приняты в соответствии с EN 1995-1-1.

5 Классификация зубчатых пластин

Соединения элементов деревянных конструкций с использованием зубчатых пластин относятся к соединениям на механических связях.

Зубчатые пластины по своей форме и размерам согласно EN 912 подразделяются на 11 типов.

5.1 Зубчатые пластины типа С1.

Зубчатая пластина типа С1 – это соединительный элемент виде двухсторонней зубчато-кольцевой пластины, изготовленной из круглой пластины, края которой вырезаны и наклонены под углом 90° к ее плоскости, образуя треугольные зубья, выступающие попеременно с противоположных сторон пластины (рис.5.1).

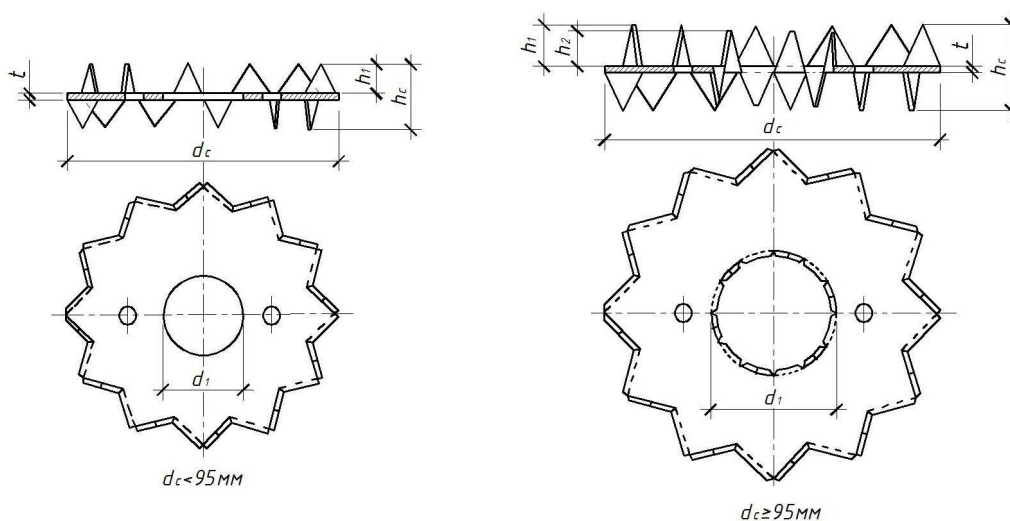


Рисунок 5.1 – Зубчатая пластина типа С1

В данном типе пластин зубья равномерно распределены по ее периметру, а в центре пластины имеется отверстие под болт.

Кроме центрального отверстия под соединительный болт пластина имеет два отверстия под гвоздь. Пластины этого типа должны соответствовать размерам,, приведенным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Размеры зубчатых пластин типа С1

Диаметр d_c , мм	Высота h_c , мм	Толщина t ¹⁾ , мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Количество наружных зубцов	Количество внутренних зубцов	Высота внутренних зубцов ²⁾ h_2 , мм
50	13,0	1,0	17,0	24	-	-
62	16,0	1,2	21,0	24	-	-
75	19,5	1,25	26,0	24	-	-
95	24,0	1,35	33,0	24	12	9,5
117	30,0	1,5	48,0	24	12	12,5
140	31,0	1,65	58,0	24	14	10,5
165	33,0	1,8	68,0	32	16	11,0

¹⁾ Толщина с учетом оцинкования.

²⁾ Высота наружных зубцов $h_1 = (h_c - t)/2$

Для данного типа пластин допуски по толщине t принимаются в соответствии с требованиями EN 10131, а для всех других размеров - $\pm 0,8$ мм.

5.2 Зубчатые пластины типа С2.

Зубчатая пластина типа С2 – это соединительный элемент виде односторонней зубчато-кольцевой пластины, изготовленной из круглой пластины, края которой вырезаны и наклонены под углом 90° к ее плоскости, образуя треугольные зубья, выступающие на одну сторону пластины (рис.5.2).

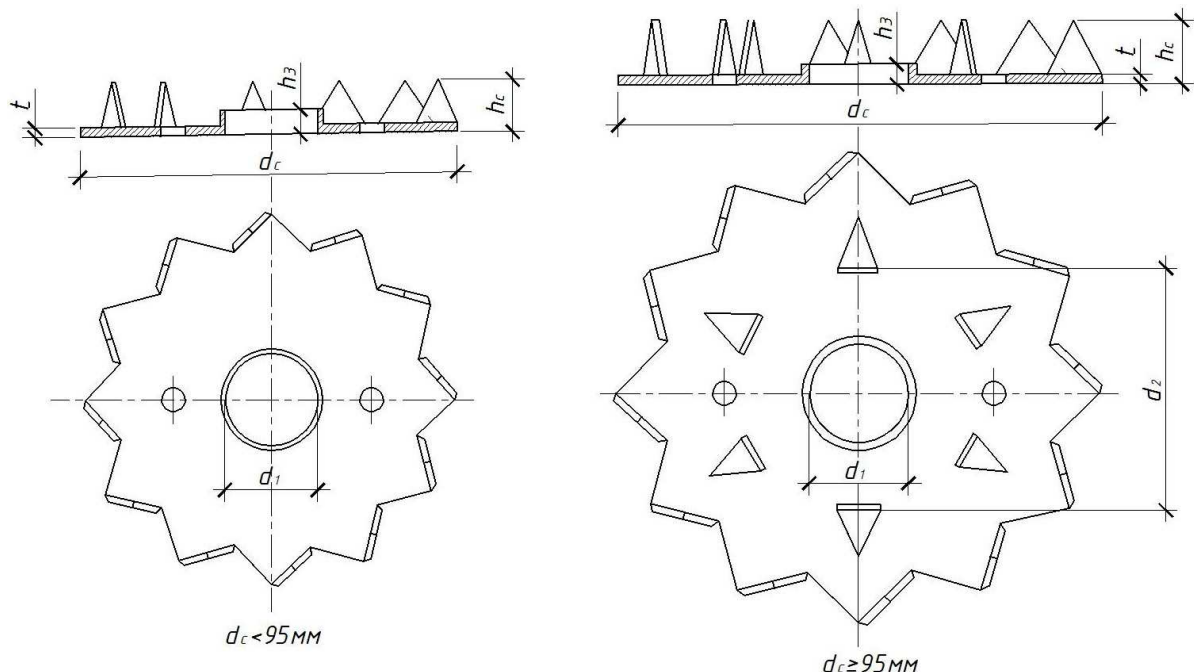


Рисунок 5.2 – Зубчатая пластина типа С2

В данном типе пластин зубья равномерно распределены по ее периметру, а в центре пластины имеется отверстие под болт. Вокруг болтового отверстия имеется фланец, выступающий в ту же сторону, что и зубья пластины. Каждая пластина имеет

два отверстия под гвоздь. Отверстия расположены между центром пластины и внешней окружностью с противоположных сторон болтового отверстия. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Размеры зубчатых пластин типа С2

Диаметр d_c , мм	Высота h_c , мм	Толщина t ¹⁾ , мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Высота фланца h_3 , мм	Количество наружных зубцов	Количество внутренних зубцов	Диаметр круга с внутренними зубцами d_2 , мм
50	6,6	1,0	10,4; 12,4; 16,4; 20,4	4,0	12	-	-
62	8,7	1,2	12,4; 16,4; 20,4	4,0	12	-	-
75	10,4	1,25	12,4; 16,4; 20,4; 22,4; 24,4	4,0	12	-	-
95	12,7	1,35	16,4; 20,4; 22,4; 24,4;	4,0	12	6	49,0
117	16,0	1,5	16,4; 20,4; 22,4; 24,4;	4,0	12	6	58,0

¹⁾ Толщина без оцинкования.

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины принимаются в соответствии с требованиями EN 10131, для диаметра d_1 – +0,3 мм, а для всех других размеров - $\pm 0,8$ мм.

5.3 Зубчатые пластины типа С3.

Зубчатая пластина типа С3 – это соединительный элемент виде двухсторонней зубчато-кольцевой пластины, изготовленной из овальной пластины, края которой вырезаны и наклонены под углом 90° к ее плоскости, образуя треугольные зубья, выступающие попеременно с противоположных сторон пластины (рис.5.3).

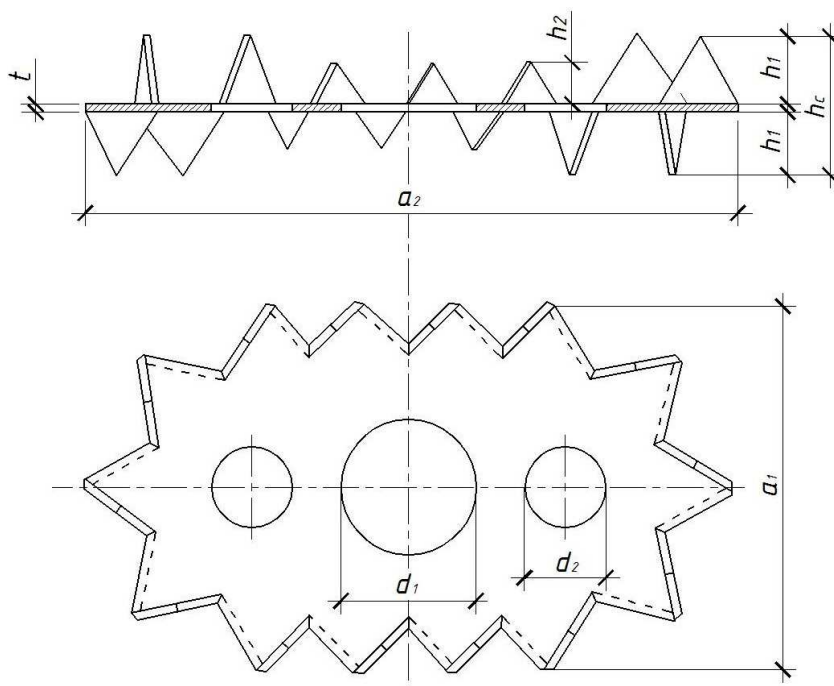


Рисунок 5.3 – Зубчатая пластина типа С3

Количество зубьев в пластине должно быть 28. Высота шести зубцов, расположенных в середине вдоль длинной стороны, меньше, чем высота других зубьев. Каждая пластина имеет три отверстия. Одно отверстие под стяжной болт располагается по центру пластины, а два других – между центром пластины и ее наружной гранью с противоположных сторон центрального отверстия вдоль большей оси пластины. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Размеры зубчатых пластин типа С3

Размеры $a_1 \times a_2$, мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Диаметр боковых отверстий d_2 , мм	Высота зуба h_1 , мм	Высота зуба h_2 , мм
73x130	28	1,5	26	16	13,25	8

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины принимаются в соответствии с требованиями EN 10131, а для всех других размеров - $\pm 0,8$ мм.

5.4 Зубчатые пластины типа С4.

Зубчатая пластина типа С4 – это соединительный элемент виде односторонней зубчато-кольцевой пластины, изготовленной из овальной пластины, края которой

вырезаны и наклонены под углом 90° к ее плоскости, образуя треугольные зубья, выступающие с одной стороны пластины (рис.5.4).

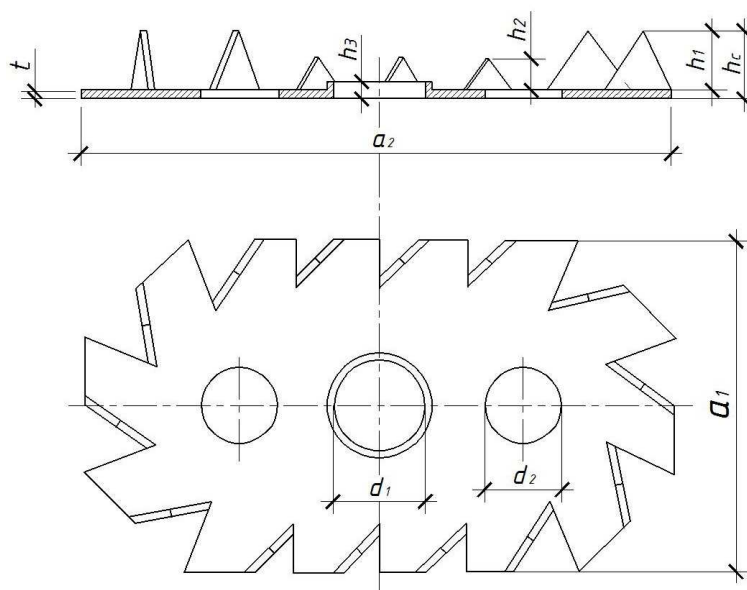


Рисунок 5.4 – Зубчатая пластина типа С4

В пластине должно быть 14 зубьев. Высота трех зубьев, расположенных в середине вдоль длинной стороны пластины, меньше, чем высота других зубьев. В пластине имеется три отверстия. Одно большое отверстие под стяжной болт расположено по центру пластины, а два других, меньшего диаметра – с противоположных сторон от центрального отверстия. Вокруг болтового отверстия имеется фланец, выступающий в ту же сторону, что и зубья пластины. Пластинки этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Размеры зубчатых пластин типа С4

Размеры $a_1 \times a_2$, мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Диаметр боковых отверстий d_2 , мм	Высота зуба h_1 , мм	Высота зуба h_2 , мм	Высота фланца h_3 , мм
73 x 130	14,75	1,5	16,4; 20,4; 22,4; 24,4	16	13,25	8	4

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины принимаются в соответствии с требованиями EN 10131, для диаметра d_1 – $+0,3$ мм, а для всех других размеров - $\pm 0,8$ мм.

5.5 Зубчатые пластины типа С5.

Зубчатая пластина типа С5 – это соединительный элемент виде двухсторонней зубчатой пластины, изготовленной из квадратной пластины, края которой вырезаны и наклонены под углом 90° к ее плоскости, образуя треугольные зубья, выступающие попеременно с противоположных сторон (рис.5.5).

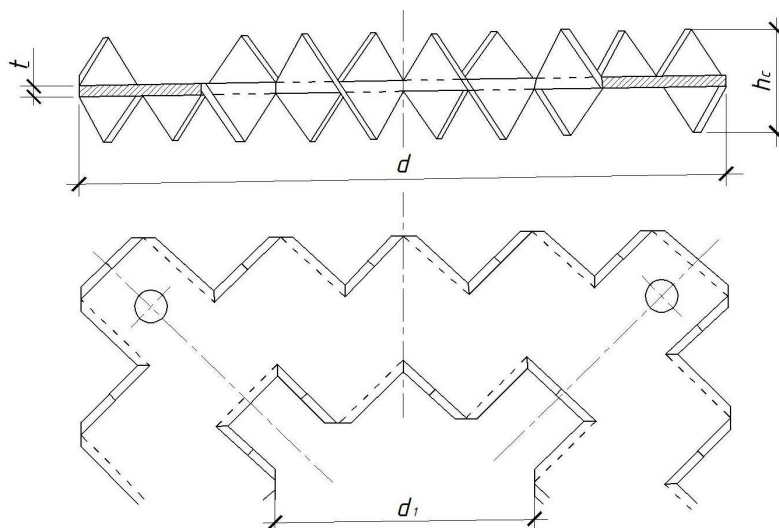


Рисунок 5.5 – Зубчатая пластина типа С5

В середине пластины имеется квадратное отверстие, вокруг которого расположены зубья. В каждом углу пластины имеется отверстие под гвоздь. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Размеры зубчатых пластин типа С5

Длина стороны d , мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Длина стороны внутреннего квадрата d_1 , мм	Количество наружных зубьев	Количество внутренних зубьев
100	16	1,35	40	36	20
130	20	1,5	52	36	20

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины принимаются в соответствии с требованиями EN 10131, а для всех других размеров - $\pm 0,8$ мм.

5.2.6 Зубчатые пластины типа С6.

Зубчатая пластина типа С6 – это соединительный элемент виде двухсторонней зубчато-кольцевой пластины, изготовленной из круглой пластины с центральным отверстием под стяжной болт. Края пластины вырезаны и наклонены под углом 90° попеременно к плоскости пластины, образуя треугольные зубья, выступающие с двух сторон пластины (рис.5.6).

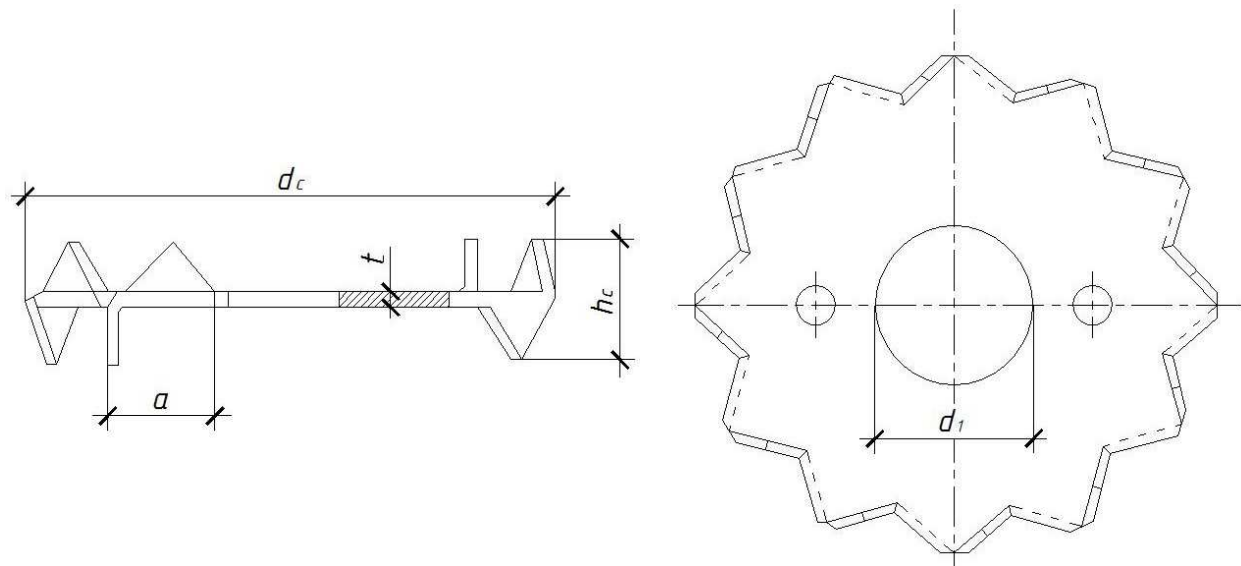


Рисунок 5.6 – Зубчатая пластина типа С6

В пластине должно быть 24 зуба. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Размеры зубчатых пластин типа С6

Диаметр d_c , мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Диаметр центрального отверстия d_1 ,	Ширина зубьев у основания a , мм
38	12,0	0,9	10,5; 14,5	5,5
50	15,0	0,9	12,5; 14,5	8,0
63	18,5	1,2	12,5; 14,5	9,5
75	20,5	1,2	12,5; 14,5	11,0

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины $\pm 0,05$ мм, для диаметра d_1 – $+0,3$ мм, а для прочих размеров – $\pm 0,5$ мм.

5.7 Зубчатые пластины типа С7.

Зубчатая пластина типа С7 – это соединительный элемент в виде односторонней зубчато-кольцевой пластины, изготовленной из круглой пластины с центральным отверстием под стяжной болт. Края пластины вырезаны и наклонены под углом 90° к плоскости пластины, образуя треугольные зубья, выступающие с одной стороны пластины (рис.5.7).

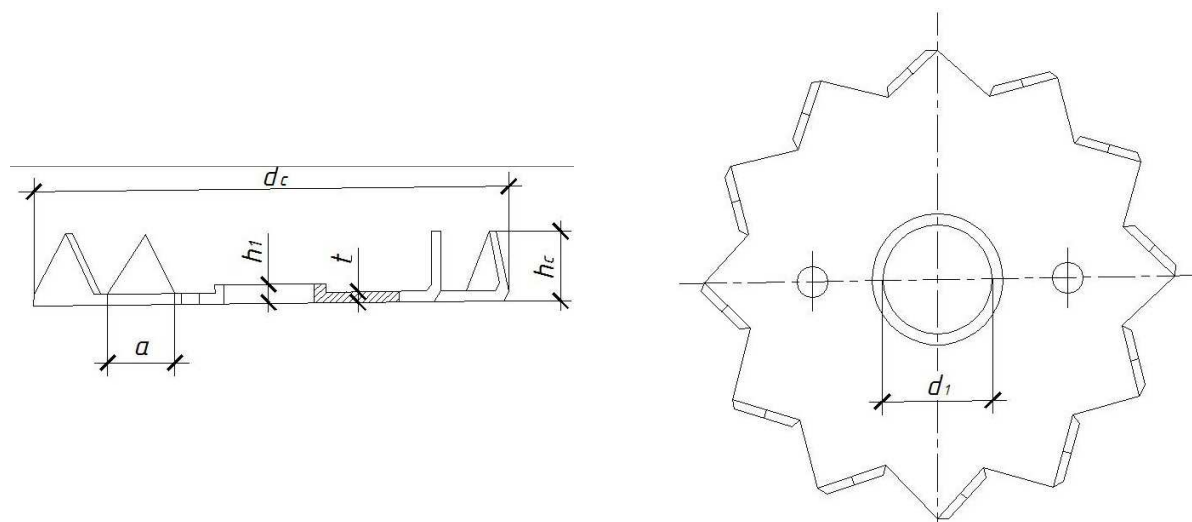


Рисунок 5.7 – Зубчатая пластина типа С7

В пластине имеется 12 треугольных зубьев. Вокруг болтового отверстия имеется фланец, выступающий в ту же сторону, что и зубья пластины. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Размеры зубчатых пластин типа С7

Диаметр d_c , мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Диаметр центрального отверстия d_1	Высота фланца от поверхности пластины h_f , мм	Ширина зубьев у основания a , мм
38	6,5	0,9	10,5; 14,5	1,6	5,5
50	8,0	0,9	12,5; 14,5	2,4	8,0
63	10,0	1,2	12,5; 14,5	2,4	9,5
75	10,5	1,2	12,5; 14,5	2,4	11,0

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины $\pm 0,05$ мм, для диаметра d_1 – $+0,3$ мм, а для прочих размеров – $\pm 0,5$ мм.

5.8 Зубчатые пластины типа С8.

Зубчатая пластина типа С8 – это соединительный элемент в виде двухсторонней зубчатой пластины, изготовленной из квадратной пластины с центральным отверстием под стяжной болт. Края пластины вырезаны и наклонены под углом 90° к плоскости пластины, образуя треугольные зубья (рис.5.8).

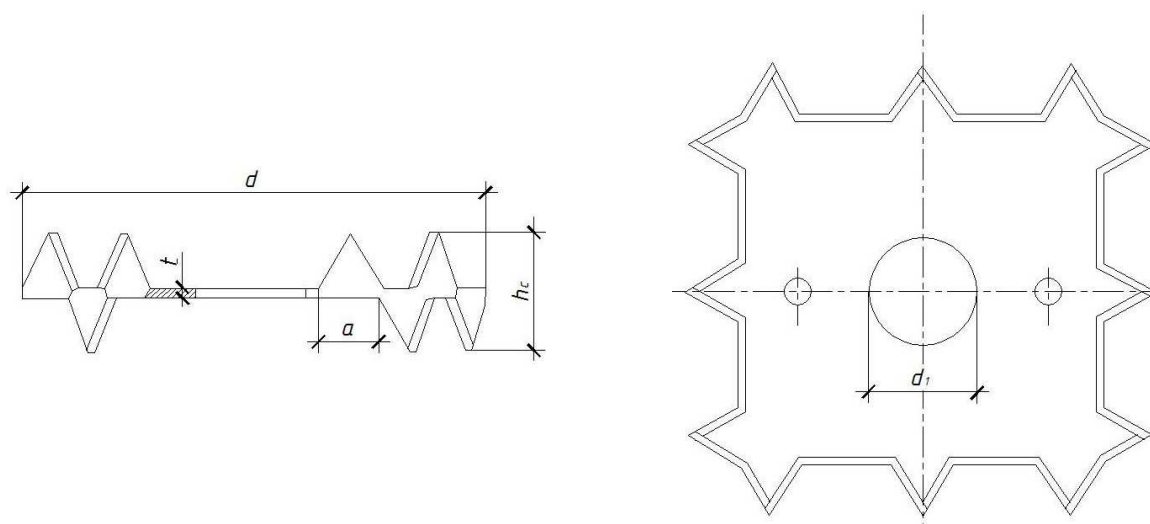


Рисунок 5.8 – Зубчатая пластина типа С8

В пластине имеется 32 треугольных зуба. На каждой стороне 8 зубьев, которые расположены равномерно по каждому краю и выступают попеременно с противоположных сторон. Линия основания каждого зуба наклонена к грани квадрата под углом 60° . Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 6.8.

Таблица 5.8 – Размеры зубчатых пластин типа С8

Длина стороны d, мм	Высота h_c , мм	Толщина t, мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Ширина зубьев у основания a, мм
38	12,0	1,2	10,5; 14,5	5,5
50	14,0	1,2	12,5; 14,5	6,5
63	17,0	1,2	12,5; 14,5	8,5
75	20,0	1,6	12,5; 14,5	10,0

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины $\pm 0,05$ мм, для диаметра d_1 – $+0,3$ мм, а для прочих размеров – $\pm 0,5$ мм.

5.9 Зубчатые пластины типа С9.

Зубчатая пластина типа С9 – это соединительный элемент в виде односторонней зубчатой пластины, изготовленной из квадратной пластины с центральным отверстием под стяжной болт. Края пластины вырезаны и наклонены под углом 90° к плоскости пластины, образуя треугольные зубья, выступающие с одной стороны пластины (рис.5.9).

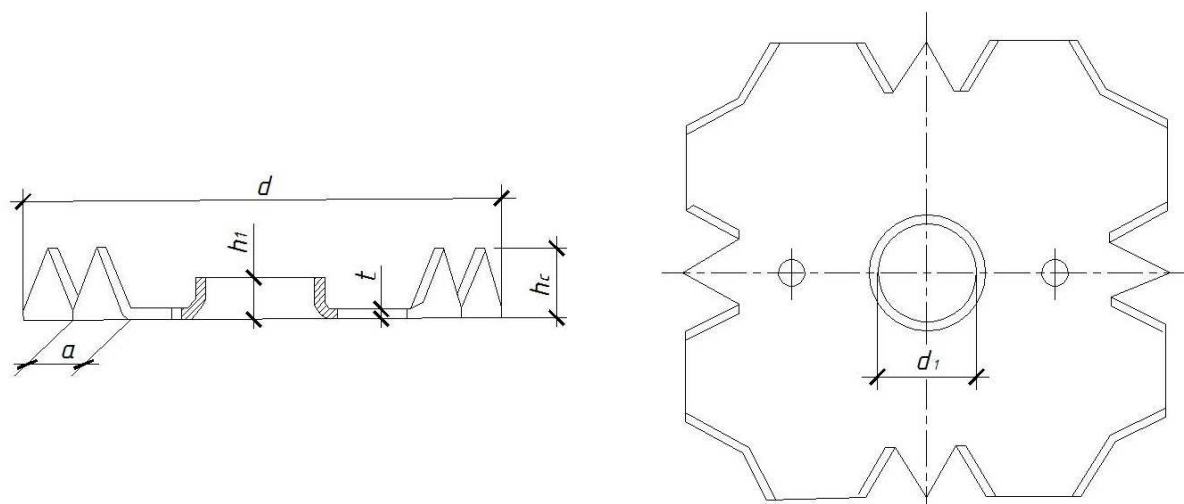


Рисунок 5.9 – Зубчатая пластина типа С9

В пластине имеется 16 треугольных зубьев. Линия основания каждого зуба наклонена к грани квадрата под углом 60° . Вокруг болтового отверстия имеется фланец, выступающий в ту же сторону, что и зубья пластины. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Размеры зубчатых пластин типа С9

Длина стороны d, мм	Высота h_c , мм	Толщина t, мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Высота фланца от поверхности пластины h_1 , мм	Ширина зубьев у основания a, мм
38	7,0	1,2	10,5; 14,5	1,6	5,5
50	8,0	1,2	12,5; 14,5	3,2	6,5
63	9,0	1,2	12,5; 14,5	4,0	8,5
75	10,0	1,6	12,5; 14,5	4,8	10,0

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины $\pm 0,05$ мм, для диаметра d_1 – $+0,3$ мм, а для прочих размеров - $\pm 0,5$ мм.

5.10 Зубчатые пластины типа С10.

Зубчатая пластина типа С10 – это соединительный элемент в виде двухсторонней зубчатой пластины, изготовленной из кольцевой пластины с шипами на обеих сторонах (рис. 5.10).

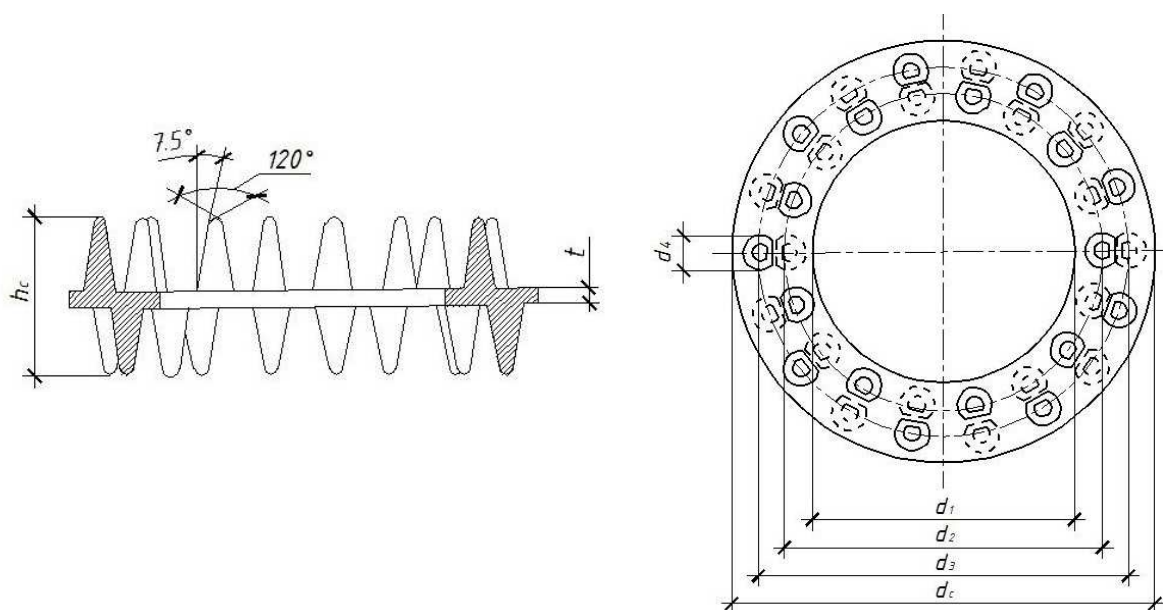


Рисунок 5.10 – Зубчатая пластина типа С10

Пластины данного типа отливают из ковкого чугуна. Шипы располагаются в один или два круга на каждой стороне кольцевой пластины. Если два круга, то половина шипов находится на внутреннем круге, вторая половина – на наружном круге. Шипы внутреннего круга могут располагаться в шахматном порядке по отношению друг к другу. Форма шипов похожа на срезанный конус. Диаметр срезанной части конуса не более 1,0 мм. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Размеры зубчатых пластин типа С10

Диаметр d_c , мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Внутренний диаметр кольцевой пластины d_1 , мм	Диаметр внутреннего круга шипов d_2 , мм	Диаметр наружного круга шипов d_3 , мм	Диаметр шипов у основания d_4 , мм	Количество зубьев на каждой стороне
50	27	3	30,5	41	-	6	8 ¹⁾
65	27	3	35,5	48	58	6	14 ^{2) 3)}
80	27	3	49,5	60	70	6	18 ²⁾
95	27	3	65,5	76	88	6	24 ²⁾
115	27	3	85,5	95	108	6	32 ²⁾

¹⁾ Сформированы в один круг.

²⁾ Сформированы в два круга.

³⁾ Шипы на одной стороне не расположены в шахматном порядке по отношению к шипам с другой стороны.

Для данного типа пластин допуски по толщине t пластины и высоте h_c , $\pm 0,05$ мм, а для прочих размеров - $\pm 0,8$ мм.

5.11 Зубчатые пластины типа С11.

Зубчатая пластина типа С11 – это соединительный элемент в виде односторонней зубчатой пластины, изготовленной из кольцевой пластины с шипами на одной стороне (рис. 5.11).

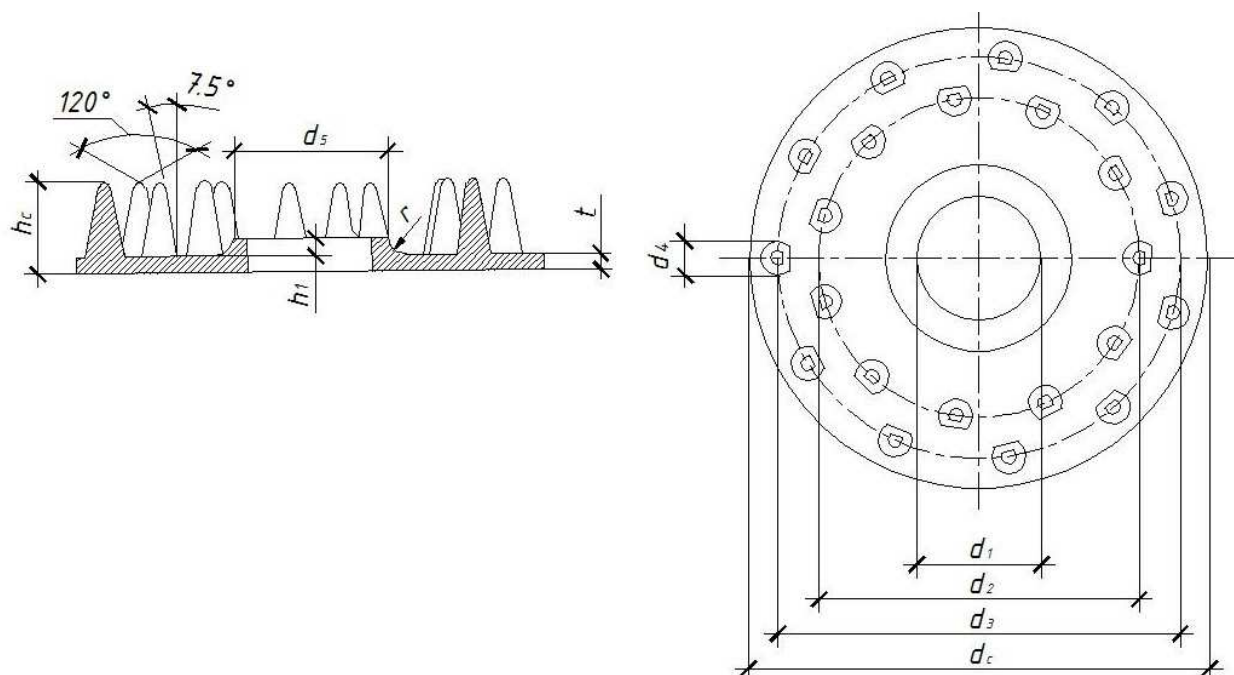


Рисунок 5.11 – Зубчатая пластина типа С11

Пластины данного типа отливают из ковкого чугуна. Шипы располагаются в один или два круга. Если два круга, то половина шипов находится на внутреннем круге, вторая половина – на наружном круге. Шипы внутреннего круга могут располагаться в шахматном порядке по отношению друг к другу. Внутренние шипы расположены в шахматном порядке по отношению к наружным шипам. Форма шипов похожа на срезанный конус. Диаметр срезанной части конуса не более 1,0 мм. По центру пластины имеется отверстие под болт. Вокруг болтового отверстия имеется фланец, выступающий в ту же сторону, что и шипы пластины. Пластины этого типа должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Размеры зубчатых пластин типа С11

Диаметр d_c , мм	Высота h_c , мм	Толщина t , мм	Диаметр центрального отверстия d_1 , мм	Диаметр внутреннего круга шипов d_2 , мм	Диаметр наружного круга шипов d_3 , мм	Диаметр шипов у основания d_4 , мм	Диаметр фланца d_s , мм	Радиус r , мм	Высота фланца от поверхности h_1 , мм	Количество шипов
50	15	3	12,5	40	-	6	17	4	3	8 ¹⁾

65	15	3	16,5	46	56	6	21	4	3	14 ²⁾
80	15	3	20,5	57	69	6	20,5 ³⁾	-	3	22 ²⁾
95	15	3	24,5	64	84	6	30,5	4	3	24 ²⁾
115	15	3	24,5	84	106	6	30,5	4	3	32 ²⁾

¹⁾ Шипы сформированы в один круг.

²⁾ Шипы сформированы в два круга.

³⁾ Переход между пластиной и фланцем с наклоном под углом 26,5°.

Для данного типа пластин допуски t , h_c , r и h_1 – $\pm 0,05$ мм, а для прочих размеров – $\pm 0,8$ мм.

5.12 Материал пластин.

Зубчатые пластины типа С1 – С5 изготавливаются из холоднокатаных непокрытых низкоуглеродистых узких стальных полос для холодной штамповки. Материал пластин должен соответствовать типам сталей LC01+C390 согласно EN 10139. Минимальная деформация при растяжении материала должна составлять 10% или должна использоваться холоднокатаная высокопрочная сталь для холодной штамповки H320M в соответствии с EN 10268.

Зубчатые пластины типа С6 – С9 изготавливаются из мягких сталей, оцинкованных методом непрерывного горячего погружения для холодной штамповки сплава FeP02 G Z275 согласно EN 10142 или EN 10147.

Зубчатые пластины типа С10 – С11 изготавливаются из ковкого чугуна EN GJMB-350-10 (номер материала: EN-JM 1130), в соответствии с EN 1562.

6 Конструктивные требования к соединениям деревянных элементов, выполненных с использованием зубчатых пластин

6.1 Зубчатые пластины типов С2, С4, С7, С9 и С11 являются односторонними, а пластины типов С1, С3, С5, С6, С8 и С10 – двухсторонними. Пример соединения элементов деревянных конструкций с использованием зубчатых пластин приведен на рисунке 6.1.

Если соединение должно быть разъемным, то в соединении «древесина-древесина» используются односторонние зубчатые пластины. Двухсторонние зубчатые пластины используются в неразъемных соединениях «древесина-древесина».

Для каждого типа пластин характерны определенные значения несущей способности при их использовании в соединении.

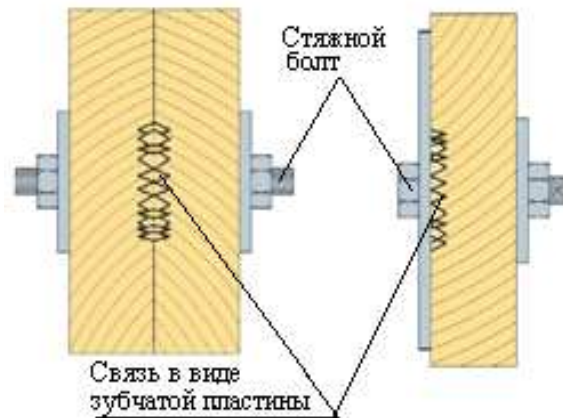


Рисунок 6.1 – Общий вид соединения с использованием зубчатых пластин

6.2 При сборке соединения с использованием зубчатых пластин, в элементах просверливаются отверстия под стяжные болты. Зубчатая пластина располагается в необходимом положении, а затем соединение подвергается механическому сжатию. Если используется древесина с относительно небольшой плотностью, сжатие осуществляется путем натяжения стяжных болтов с большими шайбами. После сжатия пластины до требуемого положения стяжной болт и его шайбы фиксируются. Зубья пластины должны быть вдавлены в древесину полностью. Поскольку с увеличением плотности древесины ее сопротивление проникновению зубьев пластины будет возрастать, их следует применять для соединений элементов в которых характеристическая (нормативная) плотность не превышает 500 кг/м^3 .

6.3 При расчете соединений, выполненных с использованием зубчатых металлических пластин, следует руководствоваться требованиями, приведенными в настоящем стандарте.

Несущая способность соединения определяется комбинацией усилий, воспринимаемых зубчатой пластиной и болтом. Из-за того, что прочность болта на срез значительно превышает прочность анкеровки пластины в древесине, при определении несущей способности соединения, прочность болта на срез не учитывается.

6.4 Во избежание хрупкого разрушения соединения, выполненного с использованием зубчатых металлических пластин, должны быть соблюдены требования по их расстановке. Минимальные интервалы от торца и кромки соединяемых элементов (рис. 6.2 и 6.3) для зубчатых пластин, приведены в таблице

6.1, а шаг стяжных болтов должен приниматься из таблицы 6.2. Что же касается толщины соединяемых элементов (рис. 6.4), то она должна быть

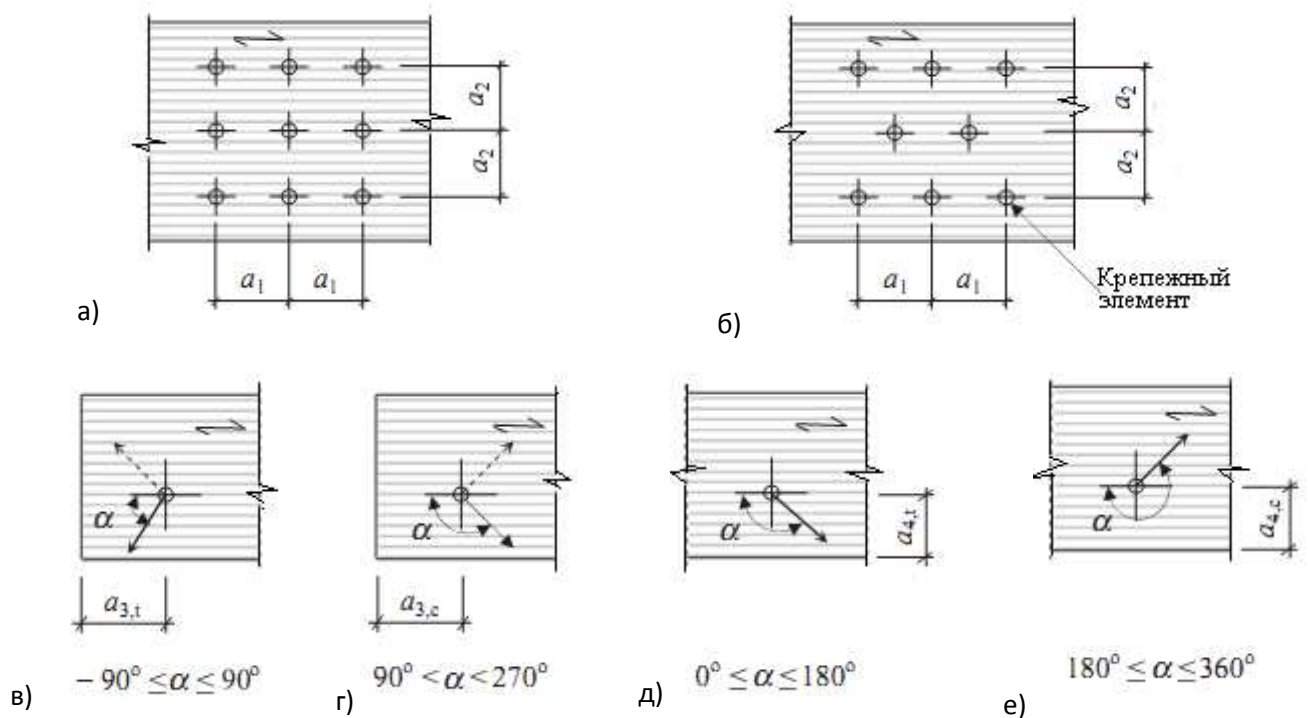
$$t_1 \geq 2,25h_e, \quad (6.1)$$

$$t_2 \geq 3,75h_e, \quad (6.2)$$

где t_1 – толщина внешнего деревянного элемента соединения;

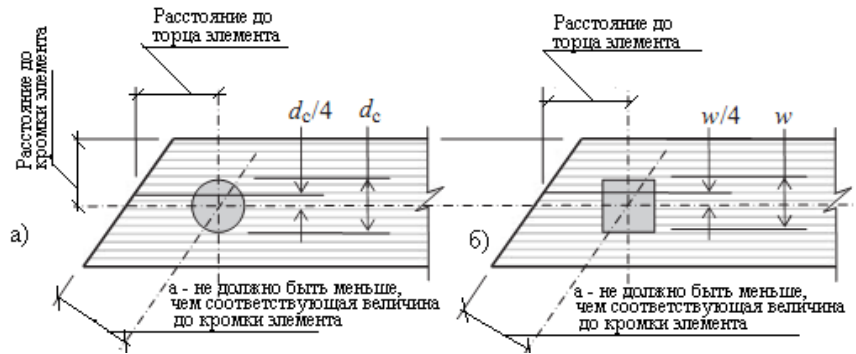
t_2 – толщина внутреннего деревянного элемента соединения;

h_e – глубина вдавливания зубьев пластины в рассматриваемый элемент соединения, мм. Для пластин с двухсторонним расположением зубьев $h_e = (h_c - t)/2$, а для пластин с односторонним расположением зубьев – $h_e = (h_c - t)$. Здесь h_c – высота зубьев пластины (рис. 5.1 – 5.11), а t – толщина листа пластины.



а) и б) – величина шага вдоль и поперек волокон при рядовом и шахматном расположении стяжных болтов, соответственно; б) и г) – расстояние от оси стяжного болта до торца нагруженного и ненагруженного элемента, соответственно; д) и е) – расстояние от оси стяжного болта до нагруженной и ненагруженной кромки элемента, соответственно

Рисунок 6.2 – Расстановка стяжных болтов



а) – круглая пластина; б) – прямоугольная пластина

Рисунок 6.3 – Расстояния от кромки и торца элемента до центра отверстия стяжного болта в соединениях с зубчатыми пластинами

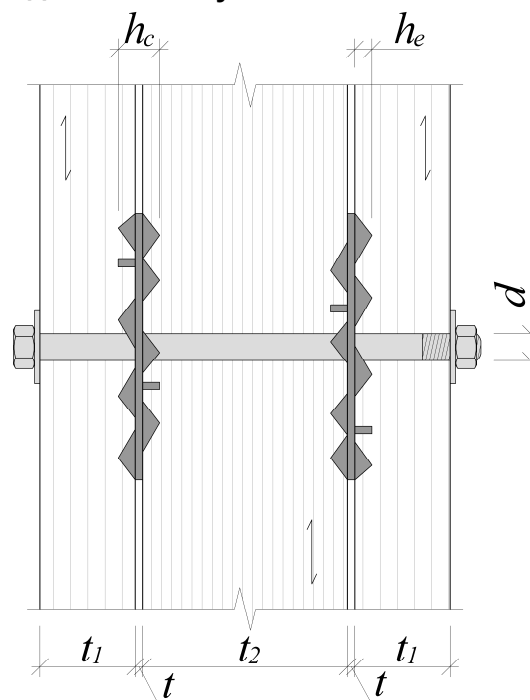


Рисунок 6.4 – Общий вид соединения с зубчатыми пластинами

Таблица 6.1 – Минимальные величины шага и расстояния от торца элемента до центра отверстия для зубчатых пластин типов С1-С11

Шаг, расстояния и угол α^* (см. рисунок 6.2 и 6.3)	Минимальная величина шага или расстояния	
	типы С1 - С9	типы С10 до С11
Шаг вдоль волокон – a_1 $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2+0,3 \cos\alpha)d_c$	$(1,2+0,8 \cos\alpha)d_c$
Шаг поперек волокон – a_2 $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 d_c$	$1,2 d_c$
Расстояние до нагруженного торца – $a_{3,t}$ $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2,0 d_c$	$2,0 d_c$

Расстояние до ненагруженного торца $a_{3,c}$ $90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,9+0,6 \sin\alpha)d_c$ $1,2 d_c$ $(0,9+0,6 \sin\alpha)d_c$	$(0,4+1,6 \sin\alpha)d_c$ $1,2 d_c$ $(0,4+1,6 \sin\alpha)d_c$
Расстояние до нагруженной кромки $a_{4,t}$ $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6+0,2 \sin\alpha)d_c$	$(0,6+0,2 \sin\alpha)d_c$
Расстояние до ненагруженной кромки $a_{4,c}$ $180^\circ \leq \alpha \leq 380^\circ$	$0,6 d_c$	$0,6 d_c$

* α – угол между направлением прикладываемого усилия к болту и волокнами.

Таблица 6.2 – Минимальные величины шага и расстояния до торца или кромки элемента для стяжных болтов в соединениях «дерево-дерево», «плита-дерево» и «сталь-дерево»

Величина шага или расстояния (см. рис.6.2) и α^*	Минимальная величина шага или расстояния
Шаг вдоль волокон – a_1 $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4+ \cos\alpha)d$
Шаг поперек волокон – a_2 $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
Расстояние до нагруженного торца $a_{3,t}$ $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80 \text{ мм})$
Расстояние до ненагруженного торца $a_{3,c}$ $90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1+6\sin\alpha)d; 4d]$ $4d$ $\max[(1+6\sin\alpha)d; 4d]$
Расстояние до нагруженной кромки $a_{4,t}$ $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2+2\sin\alpha)d; 3d]$
Расстояние до незагруженного конца $a_{4,c}$ $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

* α – угол между направлением прикладываемого усилия к болту и волокнами.

6.5 Если зубчатые пластины типов С1, С2, С6 и С7 расположены в шахматном порядке (рис. 6.5), минимальный шаг a_1 и a_2 в таблице 6.2 может быть уменьшен путем использования коэффициентов k_{a1} и k_{a2} , соответственно:

- минимальный шаг вдоль волокон принимается, как $k_{a1}a_1$;
 - минимальный шаг поперек волокон принимается, как $k_{a2}a_2$;
- при условии, что

$$(k_{a1})^2 + (k_{a2})^2 \geq 1, \text{ если } \begin{cases} 0 \leq k_{a1} \leq 1 \\ 0 \leq k_{a2} \leq 1 \end{cases} . \quad (6.3)$$

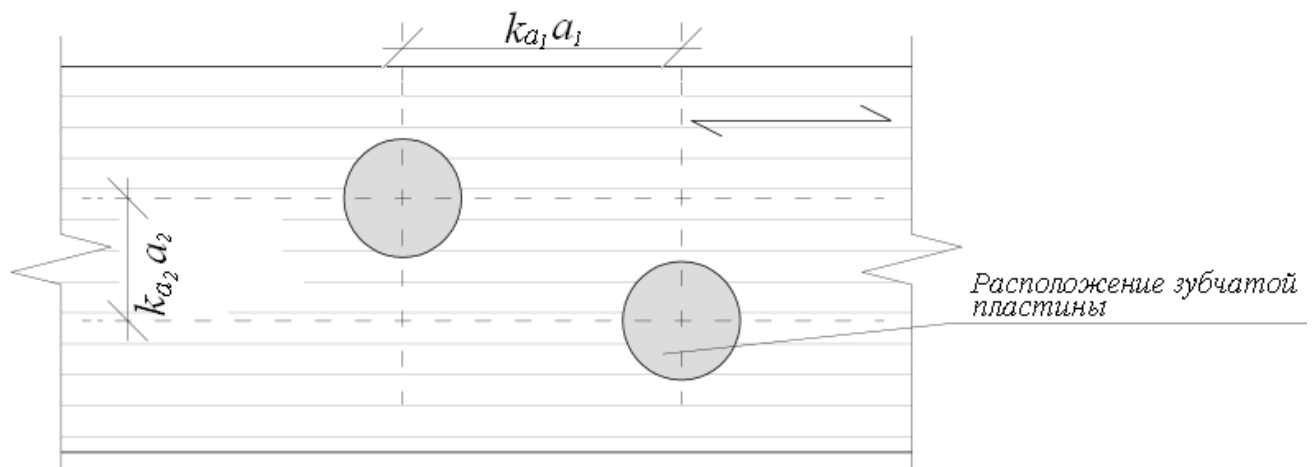


Рисунок 6.5 – Шахматное расположение зубчатых пластин

7 Расчет соединений элементов деревянных конструкций, выполненных с использованием зубчатых пластин

7.1 Характеристическое (нормативное) значение несущей способности соединения с использованием зубчатой пластины определяется из выражения

$$F_{v,Rk,connect} = F_{v,Rk} + F_{v,Rk,bolt} , \quad (7.1)$$

где $F_{v,Rk,connect}$ – характеристическое (нормативное) значение несущей способности соединения с зубчатой пластиной, Н;

$F_{v,Rk}$ – характеристическое (нормативное) значение несущей способности зубчатой пластины, Н;

$F_{v,Rk,bolt}$ – характеристическое (нормативное) значение несущей способности стяжного болта (нагеля), Н.

Несущая способность зубчатой пластины в соединении не зависит от направления прикладываемого усилия по отношению к волокнам. Учитывая, что несущая способность при изгибе стяжного болта в соединении зависит от угла прикладываемого усилия по отношению к волокнам, поэтому это обстоятельство должно быть учтено в расчетах таких соединений.

Характеристическое (нормативное) значение несущей способности $F_{v,Rk}$ единичной зубчатой пластины в соединении определяется из выражения

$$F_{v,Rk} = \begin{cases} 18k_1k_2k_3d_c^{1.5} & \text{для пластин с односторонним расположением зубьев} \\ 25k_1k_2k_3d_c^{1.5} & \text{для пластин с двусторонним расположением зубьев} \end{cases} \quad (7.2)$$

где $F_{v,Rk}$ – характеристическое (нормативное) значение несущей способности зубчатой пластины, Н;

d_c – диаметр зубчатой пластины для типов С1, С2, С6, С7, С10 и С11, мм; для зубчатой пластины типов С5, С8 и С9 – это длина стороны, мм, а для зубчатой пластины типов С3 и С4 – это квадратный корень из произведения длин обеих сторон, мм;

k_1 – коэффициент, зависящий от толщины соединяемых элементов, определяемый из выражения

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{t_1}{3h_e} \\ \frac{t_2}{5h_e} \end{array} \right. , \quad (7.3)$$

здесь t_1 и t_2 - определяются в соответствии с рисунок 6.4;

h_e – глубина проникновения зубьев в массив соединяемых элементов, мм.

При использовании минимально допустимых значений t_1 и t_2 , несущая способность соединения достигает 75% от ее максимального значения.

При увеличении t_1 и t_2 более чем $3h_e$ и $5h_e$, соответственно, увеличения несущей способности не произойдет.

k_2 – поправочный коэффициент, зависящий от расстояния $a_{3,t}$ до нагруженного торца, а для элементов со скошенным торцом, расстояние может быть принято в соответствии с рисунком 6.3. Данный коэффициент применяется только для элементов с нагруженным торцом и зависит от

типа зубчатой пластины. Для типов С1-С9 минимальная величина расстояния до нагруженного торца составляет $2d_c$ по таблице 6.4. Допустимо и меньшее расстояние, но не менее $1,1d_c$, и не менее минимальной величины расстояния до нагруженного торца для болтов (табл. 6.2). Если расстояние до нагруженного торца меньше $2d_c$, значение k_2 должно определяться из выражения

$$k_2 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{a_{3,t}}{1,5d_c} \end{array} \right. , \quad (7.4)$$

и

$$a_{3,t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,1d_c \\ 7d \\ 80\text{мм} \end{array} \right. , \quad (7.5)$$

здесь d – диаметр болта, мм;

d_c – диаметр зубчатой пластины, который был определен выше, мм;

Если минимальное расстояние от оси болта до нагруженного торца, необходимое для стяжного болта, больше минимальной величины, необходимой для зубчатой пластины, то k_2 принимается равным 1 при расстоянии до нагруженного торца больше $1,5d_c$. Данный коэффициент будет меньше 1 лишь в том случае, когда это расстояние до нагруженного торца меньше $1,5d_c$. Это расстояние может быть уменьшено до допустимого $1,1d_c$, при котором $k_2=0,73$. Для зубчатых пластин типа С10 и С11 расстояние $a_{3,t}$ до нагруженного торца может быть уменьшено только до $1,5d_c$, т.е.:

$$k_2 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{a_{3,t}}{2d_c} \end{array} \right. , \quad (7.6)$$

и

$$a_{3,t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5d_c \\ 7d \\ 80\text{мм} \end{array} \right. , \quad (7.7)$$

здесь d_c и d – были определены выше.

Для этих же пластин, если минимальная величина расстояния от оси стяжного болта до нагруженного торца меньше соответствующей величины, установленной для зубчатой пластины, как $2,0d_c$ (или более), то k_2 будет равен 1. Значение k_2 может уменьшаться до 0,75 при минимально допустимом расстоянии до нагруженного торца $1,5d_c$;

k_3 – коэффициент, зависящий от плотности древесины и определяемый из выражения

$$k_3 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{\rho_k}{350} \end{array} \right. , \quad (7.8)$$

где ρ_k – характеристическое (нормативное) значение плотности древесины в соединении, кг/м³.

Выражение (7.2) по определению характеристического значения несущей способности приведено для соединения, в котором плотность древесины составляет 350 кг/м³. Коэффициент k_3 учитывает изменение несущей способности зубчатой пластины в соединении при использовании древесины более высокого класса прочности, достигая максимального увеличения на 50% при характеристическом (нормативном) значении плотности 525 кг/м³.

7.2 Если соединение содержит ряд зубчатых пластин, расположенных вдоль волокон, то несущая способность такого соединения равна сумме несущих способностей каждой пластины в ряду, которые нагружены в данном направлении.

Для соединений с одной или несколькими плоскостями сдвига, независимо от типа используемой зубчатой пластины, при определении несущей способности соединения, число пластин на одну плоскость сдвига принимается равным числу стяжных болтов. Это применимо в случаях, когда пластины нагружены вдоль либо поперек волокон.

При определении несущей способности стяжных болтов, их число определяется согласно требованиям:

а) нагружение вдоль волокон.

Расчетное количество стяжных болтов в этом случае следует определять из выражения

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right. , \quad (7.9)$$

где n_{ef} – расчетное количество стяжных болтов в ряду вдоль волокон;

a_1 – шаг стяжных болтов вдоль волокон;

d – диаметр стяжного болта;

n – количество стяжных болтов в ряду.

б) нагрузка поперек волокон.

Расчетное количество стяжных болтов в этом случае следует определять из выражения

$$n_{ef} = n , \quad (7.10)$$

где n_{ef} – расчетное количество стяжных болтов в ряду вдоль волокон;

n – количество стяжных болтов в ряду.

с) нагрузка под углом к волокнам.

Если в соединении усилие, прикладываемое к болтам, составляет угол α по отношению к направлению волокон, то должны вычисляться его составляющие, действующие вдоль и поперек волокон:

(1) составляющая расчетного усилия, действующего вдоль волокон, не должна превышать несущей способности, определенной из расчетного числа болтов в ряду в соединении при действии усилия вдоль волокон.

(2) составляющая расчетного усилия, действующего поперек волокон, не должна превышать несущей способности соединения при действии усилия поперек волокон.

Для углов $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ – n_{ef} может определяться линейной интерполяцией.

Используемые в соединениях стяжные болты и шайбы должны удовлетворять требованиям, изложенным в Разделе 10.4.3 в EN 1995-1-1.

7.3 Если соединение подвержено действию знакопеременных усилий от длительных и снеговых нагрузок, то характеристическое (нормативное) значение несущей способности соединения будет понижаться. В этом случае, если расчетное усилие в соединении меняет знак от растяжения на сжатие, то соединение должно рассчитываться на следующие усилия

$$N_{t,Ed} = (F_{t,Ed} + 0,5 F_{c,Ed}), \quad (7.11)$$

$$N_{c,Ed} = (F_{c,Ed} + 0,5 F_{t,Ed}), \quad (7.12)$$

где $F_{t,Ed}$ – растягивающее усилие;

$F_{c,Ed}$ – сжимающее усилие;

$N_{t,Ed}$ – расчетное растягивающее усилие;

$N_{c,Ed}$ – расчетное сжимающее усилие.

7.4 Расчетное значение несущей способности единичной зубчатой пластины в соединении при действии усилия вдоль волокон определяется из выражения

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} F_{v,Rk}}{\gamma_M}, \quad (7.13)$$

где k_{mod} – поправочный коэффициент, принимаемый из табл. 3.1 в EN 1995-1-1.

γ_M – частный коэффициент для соединений, который принимается равным 1,25.

$F_{v,Rk}$ – характеристическое (нормативное) значение несущей способности зубчатой пластины, определяемое из выражения (7.2).

7.5 Для соединения, состоящего из r_{pl} рядов зубчатых пластин, расположенных вдоль волокон, когда каждый ряд включает n зубчатых пластин одинакового размера с одинаковыми расстояниями, при расчетной несущей способности для каждой плоскости сдвига $F_{v,Rd}$, расчетная несущая способность соединения вдоль волокон $F_{v,ef,Rd}$ будет равна:

$$F_{v,ef,Rd} = n_{sp} r_{pl} n_{ef} F_{v,Rd}, \quad (7.14)$$

где n_{ef} – расчетное число зубчатых пластин в каждом ряду соединения в вдоль волокон;

n_{sp} – количество плоскостей сдвига в соединении.

Расчетное число зубчатых пластин в ряду будет равно числу стяжных болтов в этом ряду. Для учета влияния стяжных болтов на несущую способность соединения расчетное число болтов определяется согласно п. 7.2 настоящего стандарта.

7.6 Расчетное значение несущей способности соединения нагруженного усилием, действующим под углом к волокнам древесины, должно определяться с учетом требований п.п. 7.2 – 7.5 настоящего стандарта.

7.7 При расчете деревянных конструкций по предельным состояниям несущей способности и эксплуатационной пригодности с соединениями выполненными с использованием зубчатых пластин, должны учитываться жесткости (податливости) соединений, которые сказываются на распределении усилий между элементами

конструкции. Согласно требованиям СП 64.13330.2011 и EN 1995-1-1 смещения в соединениях узлов конструкции должны учитываться при любом расчете перемещений конструкции. Величинами, позволяющими учитывать жесткости таких соединений, при расчете деревянных конструкций по предельным состояниям несущей способности, являются значения модуля жесткости K_{ser} , а при расчете по предельным состояниям эксплуатационной пригодности – K_u . Жесткость крепежного элемента определяется как отношение нагрузки в плоскости сдвига к его смещению, т.е. имея эту зависимость, может быть определено смещение под действием любой нагрузки.

В EN 1995-1-1 мгновенный модуль жесткости K_{ser} для расчета по предельным состояниям несущей способности принимается равным моменту сопротивления сечения соответствующему нагрузке равной 40% от максимального ее значения на диаграмме «нагрузка-смещение», воспринимаемой крепежным элементом (зубчатой пластиной).

7.8 Модуль жесткости K_{ser} в плоскости сдвига в предельном состоянии несущей способности определяется из выражений, приведенных в табл.7.1. Если соединение включает стык двух элементов на основе древесины, имеющих среднюю плотность $\rho_{m,1}$ и $\rho_{m,2}$, соответственно, то ρ_m , используемое в выражениях, будет равно:

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1}\rho_{m,2}} \quad (7.15)$$

Таблица 7.1– Значения K_{ser} для соединений «древесина- древесина» и «плита на основе древесины - древесина»*

Тип используемой зубчатой пластины	Модуль жесткости K_{ser} по предельным состояниям несущей способности, Н/мм
Зубчатые пластины: типы от С1 до С9 типы от С10 до С11	$1,5\rho_m d_c/4$ $\rho_m d_c/2$

На основании табл.7.1 EN 1995-1-1

7.9 Для соединений «сталь-древесина» или «бетон-древесина», модуль жесткости K_{ser} определяется с учетом средней плотности ρ_m деревянного элемента. Чтобы учесть отсутствие скольжения в стальном или бетонном элементе, значение K_{ser} может быть умножено на 2.

7.10 Значения жесткости соединений с количеством n крепежных элементов в плоскости сдвига $K_{ser,sc}$ для односрезных и $K_{ser,dc}$ – для двухсрезных соединений определяются:

а) для соединения, состоящего из n крепежных элементов с одной плоскостью среза (рис. 7.1а);

$$K_{ser,sc} = nK_{ser}, \quad (7.16)$$

б) для соединения, состоящего из n крепежных элементов с двумя плоскостями среза (рис. 7.1б);

$$K_{ser,dc} = 2nK_{ser}, \quad (7.17)$$

в) для узла с двумя соединениями и одной плоскостью среза (рис. 7.1в);

$$K_{ser,sc} = 1/(1/K_{ser,sc1} + 1/K_{ser,sc2}), \quad (7.18)$$

г) для узла с двумя соединениями и двумя плоскостями среза (рис. 7.1г);

$$K_{ser,dc} = 1/(1/K_{ser,dc1} + 1/K_{ser,dc2}), \quad (7.19)$$

где K_{ser} – жесткость крепежного элемента в плоскости среза, определяемая из выражений табл. 7.1;

$K_{ser,sc}$ – жесткость соединения для одной плоскости среза;

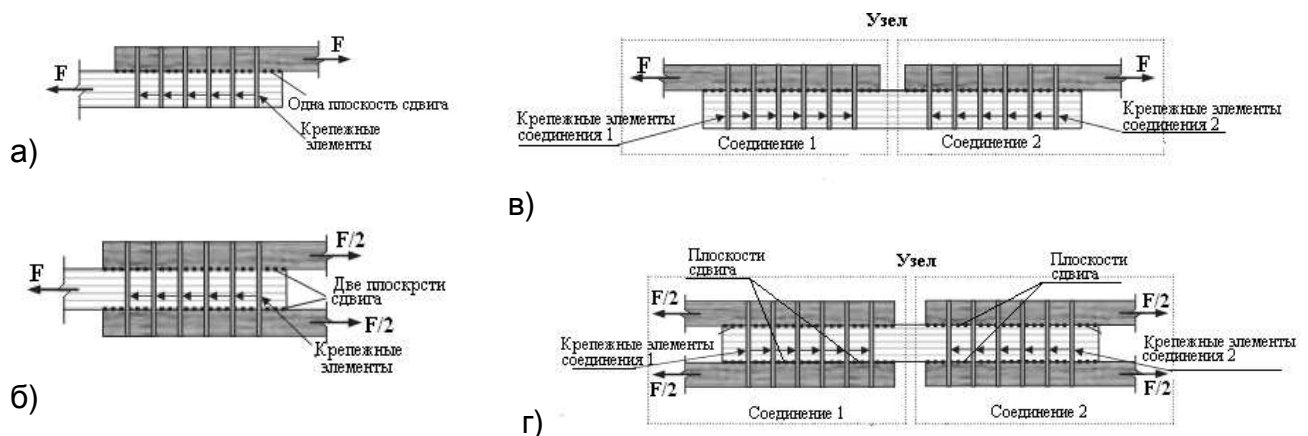
$K_{ser,dc}$ – жесткость соединения для двух плоскостей среза;

$K_{ser,sc1}$ – жесткость соединения 1 для одной плоскости среза в узле, равная n_1K_{ser} ;

$K_{ser,sc2}$ – жесткость соединения 2 для одной плоскости среза в узле, равная n_2K_{ser} ;

$K_{ser,dc1}$ – жесткость соединения 1 для двух плоскостей среза в узле, равная $2n_1K_{ser}$;

$K_{ser,dc2}$ – жесткость соединения 2 для двух плоскостей среза в узле, равная $2n_2K_{ser}$.



а) – соединение с одной плоскостью среза; б) – соединение с двумя плоскостями сдвига; в) – узел с двумя соединениями и одной плоскостью среза; г) – узел с двумя соединениями и двумя плоскостями среза

Рисунок 7.1 – Схемы соединений с одной и двумя плоскостями среза

7.11 При расчете по предельным состояниям эксплуатационной пригодности мгновенный модуль жесткости K_u определяется из выражения

$$K_u = \frac{2}{3} K_{ser} . \quad (7.16)$$

Для предельных состояний эксплуатационной пригодности необходимо определить только деформацию элементов конструкции, в которых существует риск, что перемещение в таком состоянии может привести к недопустимым последствиям, т.е. подтверждая деформацию систем решеток или выполняя проверку деформаций, которые могут привести к недопустимому разрушению, приводящему к опасности для объекта.

7.12 Если соединение выполнено с использованием односторонних зубчатых пластин, жесткость каждой пары зубчатых пластин должна приниматься равной жесткости односторонней связи (табл.7.1).

8 Методика испытаний соединений элементов деревянных конструкций, выполненных с использованием зубчатых пластин

8.1 Общие положения

8.1.1 Настоящая методика распространяется на соединения, изготовленные с применением зубчатых пластин, используемых в статически нагруженных деревянных конструкциях. Данный вид соединений элементов деревянных конструкций согласно СТАДД – 3-11 и [1] относится ко II группе, т.е. к соединениям с нелинейной зависимостью упругой деформации (смещения) от нагрузки (рис. 8.1).

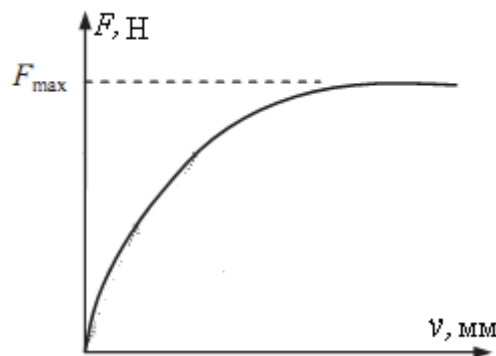


Рисунок 8.1 – Общий вид диаграммы «нагрузка-смещение» для соединения с зубчатой пластиной

8.1.2 Настоящая методика устанавливает принципы определения несущей способности и жесткости соединений элементов деревянных конструкций выполненных с использованием зубчатых пластин.

8.1.3 Методика оценки несущей способности испытываемых соединений принимается в соответствии с требованиями п. 7.1.3 СТАДД – 3-11.

8.1.4 Погрешности измерений должны удовлетворять требованиям п.7.1.4 СТАДД – 3-11.

8.2 Форма и размеры испытываемых образцов соединений

8.2.1 Изготовление образцов должно осуществляться в соответствии с требованиями п.п. 7.2.1.1 – 7.2.1.4 СТАДД – 3-11.

8.2.2 До изготовления соединения и проведения испытаний следует производить кондиционирование древесины, а также целостных соединений.

Кондиционирование производят таким образом, чтобы условия испытаний соответствовали условиям эксплуатации соединений в конструкциях относительно влияния влагосодержания на значения прочности древесины и возникновение зазоров, например, в результате усушки.

Кондиционирование древесины проводят в соответствии с требованиями ISO 554.

8.2.3 Испытываемые соединения должны иметь такую форму и размеры, чтобы можно было получить необходимую информацию о несущей способности и жесткости соединений при эксплуатации.

8.3 Оборудование

Дополнительно к оборудованию по измерению размеров испытываемых образцов, влажности древесины и т.п., для проведения испытаний в наличии должно быть следующее:

а) установка для испытания, способная создавать и регистрировать нагрузку с точностью не менее $\pm 1\% F_{est}$;

б) оборудование для измерения смещения (деформаций) в соединении под нагрузкой с точностью не менее $\pm 1\%$, а для смещений менее 2 мм – с точностью до $\pm 0,02$ мм. Необходимо убедиться, что возникающий от оборудования эксцентриситет, крутящий момент и т.п. не оказывают влияния на результаты измерения. Рекомендуется применение оборудования, которое может непрерывно регистрировать нагрузку и смещение при сдвиге пластины в соединении. Смещения при сдвиге можно измерять при выбранных ступенях нагружения, если продолжительность измерения не оказывает значительного влияния на непрерывность приложения нагрузки.

8.4 Условия проведения испытаний

Условия по проведению испытаний образцов соединений должны соответствовать требованиям п. 7.5.1 СТАДД – 3-11.

8.5 Порядок проведения испытаний

8.5.1 Оценка максимальной нагрузки

Ожидаемую максимальную нагрузку F_{est} для соединения, подвергаемого испытаниям, определяют на основании опыта, расчетов или предварительных испытаний, и корректируют, как установлено в 8.7.

8.5.2 Режимы нагружения

Нагружение образцов соединений следует проводить по схеме, приведенной на рисунке 8.2.

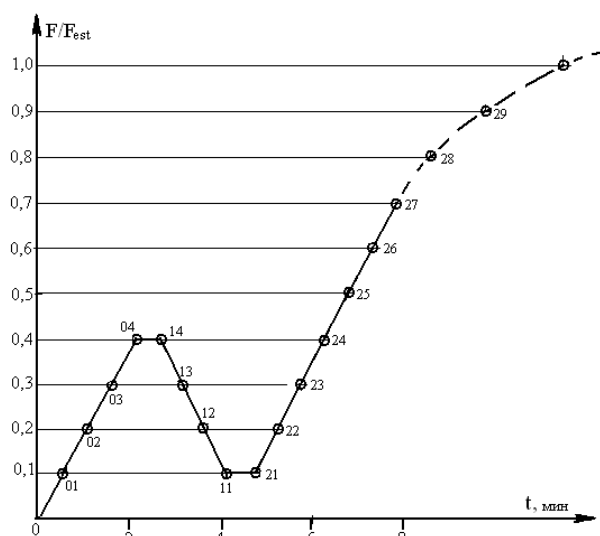


Рисунок 8.2 – Схема нагружения

Как правило, нагружение образцов соединений осуществляют в следующей последовательности:

– соединение нагружают до значения, равного $0,4F_{est}$ и выдерживают в течение 30 с. После чего нагрузку снижают до значения, равного $0,1F_{est}$ и выдерживают в течение 30 с. Затем нагрузку увеличивают до достижения разрушения соединения или достижения смещения, равного 15 мм. Требование о поддержании постоянной нагрузки при значениях $0,4 F_{est}$ и $0,1 F_{est}$ в течение 30 с предназначено для

обеспечения соответствующего времени для измерений. Это время не предназначено для получения информации о характеристиках ползучести.

Для значений нагрузки менее $0,7F_{est}$ применяют постоянную скорость нагружения или смещения, соответствующую $0,2 F_{est}$ в минуту $\pm 25\%$. Для значений нагрузки более $0,7F_{est}$ применяют постоянную скорость смещения, скорректированную таким образом, чтобы предельной нагрузки или смещения в 15 мм можно было достичь за дополнительное время испытаний, соответствующее от 3 до 5 мин (общее время испытаний должно составлять от 10 до 15 мин).

Испытания прекращают при достижении предельной нагрузки или смещения в 15 мм.

8.5.3 Измерение смещений

Измерения смещений V_{01} , V_{04} , V_{14} , V_{11} , V_{21} , V_{24} , V_{26} и V_{28} , указанных на рисунке 8.3, регистрируют для каждого испытываемого образца. Также регистрируют смещение при максимальной нагрузке F_{max} . При отсутствии диаграммы «нагрузка-смещение» измерения смещений проводят с шагом нагрузки равным $0,1F_{est}$ (рис. 8.2).

8.5.4 Измерение нагрузки

Для каждого образца нагрузку, соответствующую смещению 15 мм или до его достижения, регистрируют как максимальную F_{max} .

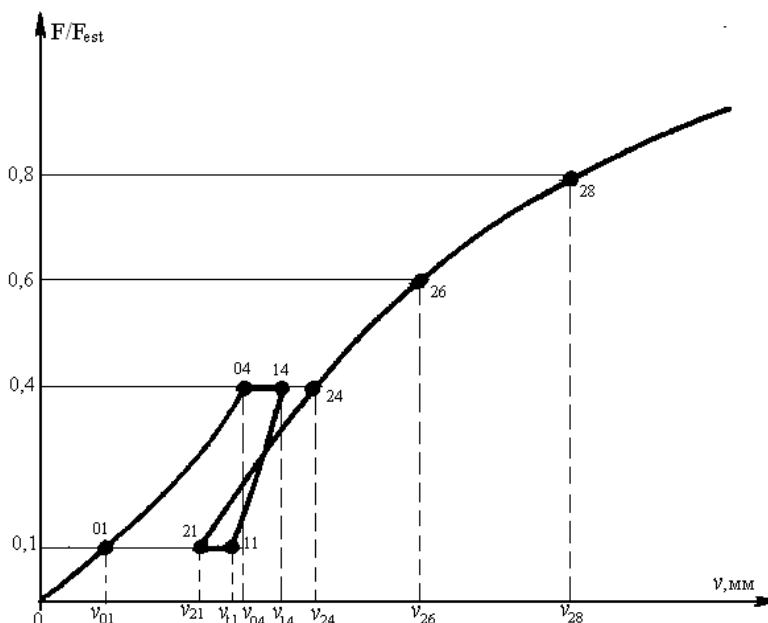


Рисунок 8.3 – Расчетная кривая зависимости смещения от нагрузки по результатам измерений

8.6 Обработка результатов испытаний

Из зарегистрированных измерений для каждого испытания определяют следующие значения:

- 1) максимальная нагрузка F_{max} , Н;
- 2) максимально возможная нагрузка F_{est} , Н;
- 3) первоначальное смещение $v_i = v_{04}$, мм;

- 4) преобразованное первоначальное смещение $v_{i,mod} = \frac{4}{3}(v_{04} - v_{01})$, мм; (8.1)

- 5) уплотнение зазора в соединении¹⁾ $v_s = v_i - v_{i,mod}$, мм; (8.2)

- 6) упругое смещение $v_e = \frac{2}{3}(v_{14} + v_{24} - v_{11} - v_{21})$, мм; (8.3)

- 7) модуль первоначальной жесткости $k_i = 0,4F_{est}/v_i$, Н/мм; (8.4)

- 8) модуль жесткости $k_s = 0,4F_{est}/v_{i,mod}$, Н/мм; (8.5)

- 9) смещение при $0,6F_{max}$ $v_{0,6}$, мм;

- 10) преобразованное смещение при $0,6 F_{max}$ $v_{06,mod} = v_{0,6} - v_{24} + v_{i,mod}$, мм; (8.6)

- 11) смещение при $0,8F_{max}$ $v_{0,8}$, мм;

- 12) преобразованное смещение при $0,8 F_{max}$ $v_{08,mod} = v_{0,8} - v_{24} + v_{i,mod}$, мм. (8.7)

¹⁾ Следует отметить, что многие кривые «нагрузка-смещение» являются выпуклыми вверх, таким образом, v_s является отрицательным.

Также необходимо привести полную диаграмму «нагрузка-смещение».

Примечание – Значения, вычисляемые по формулам (8.6 и 8.7) относятся к фактическому значению F_{\max} для каждого из испытаний. При наличии диаграммы «нагрузка-смещение» данные значения можно получить непосредственно при требуемом уровне нагрузки. При наличии только значений смещений при каждом шаге нагружения, значения F_{est} получают путем интерполяции.

8.7 Корректировка результатов испытаний и определение несущей способности соединения

8.7.1 Если в процессе проведения испытаний среднее значение максимальной нагрузки отличается более чем на 20% от ожидаемого значения F_{est} , то для последующих испытаний корректируют соответствующим образом F_{est} . Ранее определенные значения максимальной нагрузки могут быть приняты без поправки, как часть окончательных результатов испытаний. В данном случае значения смещения и модуля жесткости, определяемые в соответствии с п. 8.6 (3 - 8), должны быть откорректированы в соответствии с уточненным значением F_{est} .

8.7.2 Оценка несущей способности соединения выполняется в соответствии с требованиями 7.7.2 СтАДД – 3-11.

9 Правила оформления результатов испытаний

9.1 Результаты испытаний и расчетов, выполненных в соответствии с настоящим стандартом, заносят в протокол, хранящийся в лаборатории, проводившей испытания и в отделе технического контроля изготовителя.

9.2 Протокол испытаний должен быть подписан специалистами, проводившими испытания, начальником лаборатории и утвержден руководителем организации, проводившей испытания.

9.3 Протокол испытаний должен содержать следующие сведения по испытаниям каждого образца соединений:

- наименование испытательной лаборатории;
- номер протокола (по системе нумерации, принятой в испытательной лаборатории);
- дату проведения испытаний;
- сведения о применяемых средствах испытаний;

- наименование и обозначение стандарта, на основании которого проводились испытания;

- условия испытаний (температуру и влажность воздуха, при которых проводились испытания);

- наименование и марку испытываемого образца;

- дату изготовления образца;

- породу, плотность и соответствующие характеристики прочности древесины;

- качество, характеристики прочности и поверхностной обработки материалов зубчатых пластин (включая антикоррозийную защиту);

- размеры соединений, тип и количество зубчатых пластин и стяжных болтов в соединении, величины зазоров между элементами соединения;

- кондиционирование древесины и испытываемых образцов до и после изготовления, влажность древесины при изготовлении и в процессе испытаний, трещины и т.п.;

- используемая схема нагружения (со ссылкой на стандарт) и сведения о любых отклонениях;

- отдельные результаты испытаний и информация, относящаяся к корректировке, средние значения и стандартные отклонения, а также описание модели разрушения;

- продолжительность испытаний до разрушения образца;

- разрушающую нагрузку и характер разрушения;

- модуль жесткости соединения;

- фактическое значение несущей способности соединения;

- выводы по результатам испытаний, включающие оценку несущей способности испытанного соединения и рекомендации относительно величины его расчетной несущей способности

9.4 При испытаниях двух и более однотипных образцов соединений с зубчатыми пластинами одного типа общие сведения указываются в протоколе один раз, а регистрируемые значения характеристик должны приводиться для каждого образца в отдельности.

При испытаниях разных образцов соединений одной марки регистрируемые значения характеристик по разным группам показателей должны приводиться для каждого испытания.

