

Ю.Ю. СЛАВИК

Совершенствования фрез для фрезерования зубчатых шипов при склеивании пиломатериалов по длине

(Информационные материалы основаны на исследованиях, выполненных автором в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институте АО «НИЦ «Строительство»)



**2025 г.
МОСКВА**

Оглавление

	Стр.
Введение	3
1. Геометрические размеры шипов и прочность зубчатых клеевых соединений . .	3
2. Исходные предпосылки для совершенствования фрез	5
3. Расчет параметров режущих зубьев фрезы	5
4. Способы повышения прочности зубчатых клеевых соединений и особенности конструирования фрез	6
5. Примеры конструктивного решения фрез	7
6. Основные выводы по предлагаемым направлениям совершенствования фрез . .	12
Приложения	13

Введение

Зубчатые клеевые соединения широко применяют для склеивания заготовок из пиломатериалов по длине. Соединения позволяют регулировать качество пиломатериалов путем вырезки недопустимых пороков древесины и замены их соединением. Без применения зубчатых клеевых соединений невозможно производство конструкционных пиломатериалов по ГОСТ 33080-2014 с заданными классами прочности. Возможности этого вида соединений, в первую очередь, определяются геометрическими размерами зубчатых шипов, которые формируются фрезами. Поэтому при производстве этого режущего инструмента вопросы его совершенствования имеют важное значение.

Учитывая сложившееся на практике положение с существующими конструктивными решениями фрез, показателями прочности получаемых соединений и технологией изготовления фрез необходимо ориентироваться на следующие направления их совершенствования с целью:

- повышения прочности зубчатых клеевых соединений;
- обеспечения износостойкости режущих зубьев фрез;
- рационального использования применяемых марок сталей в конструкции фрез.

Все эти направления имеют первостепенное значение при использовании соединений при производстве конструкционных пиломатериалов так как возникает возможность регулировать границы используемых классов прочности при изготовлении несущих элементов деревянных конструкций, совершенствовать технологию сортировки пиломатериалов по классам прочности.

1. Геометрические размеры шипов и прочность зубчатых клеевых соединений

Прочностные показатели зубчатых клеевых соединений определяются главным образом геометрическими размерами зубчатых шипов, фрезеруемых инструментом.

Стандартизованные размеры шипов регламентированы ГОСТ 19414-2023 «Конструкции деревянные клееные. Общие требования к зубчатым клеевым соединениям» и в зависимости от категорий прочности получаемого соединения приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 Геометрические размеры зубчатых шипов по ГОСТ 19414-2023

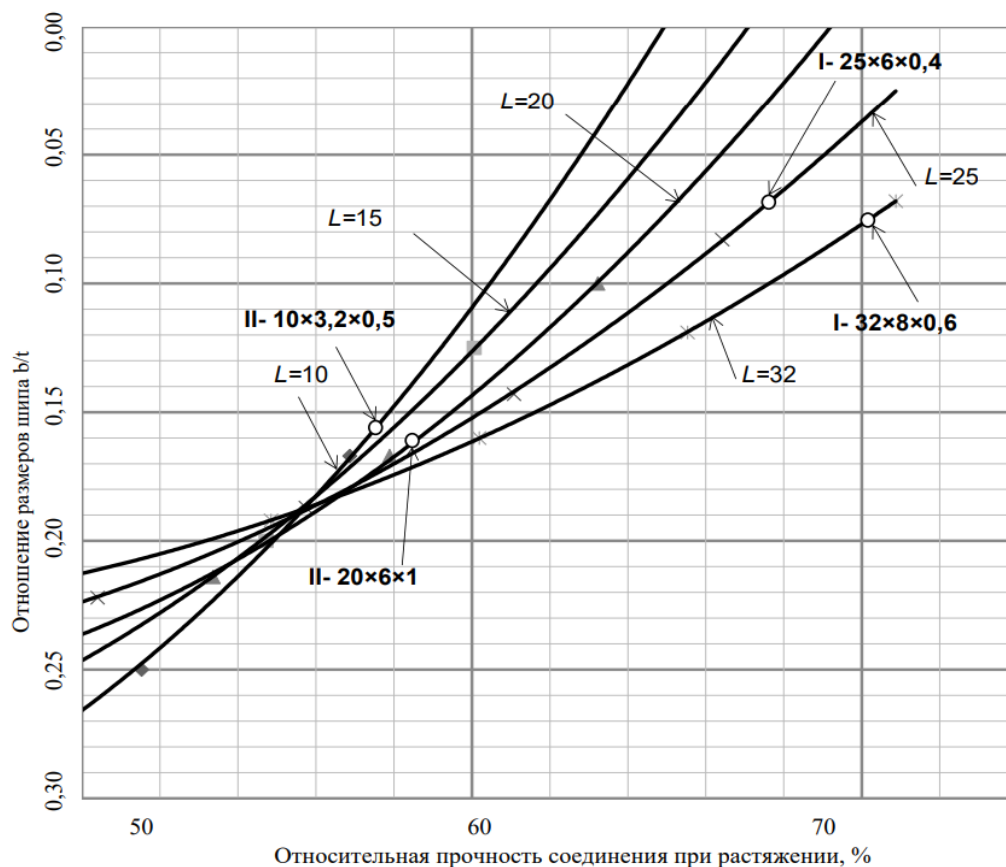
Категория прочности соединения	Значения геометрических размеров шипов соединения, мм		
	Длина L	Шаг t	Затупление b
I	50	12	1,7
	32	8	0,6
	25	6	0,4
II	20	6	1,0
	10	3,2	0,5
	5	1,6	0,2

Ожидаемая нормативная прочность соединений в зависимости от их категорий прочности по ГОСТ 19414-2023 приведена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 Нормативные величины прочности соединений по ГОСТ 19414-2023

Категория прочности соединений по ГОСТ	Нормативная величина прочности соединений в МПа при испытании элементов конструкций на:			Соответствует классам прочности конструкционных пиломатериалов и слоев КДК по стандартам:
	Изгиб:		Растяжение	
	«На кромку»	«На пласть»		
I	30	35	18	«С30» по ГОСТ 33080 «L35» по п.5.1.3 и 5.2.1 «Т18» по ГОСТ 33080
II (кроме соединения 5×1,6×0,2, табл.1)	24	27	14	«С24» по ГОСТ 33080 «L27» по п.5.1.3 и 5.2.1 «Т14» по ГОСТ 33080

Графическая зависимость относительной прочности соединений при растяжении от геометрических размеров шипов согласно ГОСТ 19414-2023 приведена на рис. 1.



Примечания: 1. На рисунке точками обозначены геометрические размеры зубчатых шипов по ГОСТ 19414-2023.

2. На рисунке к кривым даны обозначения длины шипа L .

Рис. 1 Зависимость относительной прочности соединений от отношения b/t при заданной длине шипа L

2. Исходные предпосылки для совершенствования фрез

В отечественной практике для сращивания пиломатериалов по длине соединения I категории прочности не применяют хотя ООО «ЭЛСИ» (г. Муром) освоено производство фрез для соединений I-25x6x0,4 и требует производственной проверки.

Из-за этого при проектировании несущих элементов деревянных конструкций принимают 24 МПа, что соответствует классу прочности при изгибе «С24» для соединений II категории прочности. В то же время освоение и использование фрез для соединений I категории прочности позволит перейти на класс прочности «С30», обеспечив экономию пиломатериалов.

Дальнейшее повышение прочности соединений может быть достигнуто за счет уменьшения величины затупления b вершины шипа и как следствие – уменьшения его отношения к шагу шипов b/t (см. рис. 1). Очевидно, что эффект повышения прочности будет возрастать с увеличением длины шипа L . Предполагается, что это обеспечит класс прочности «С35».

Однако возникает при этом проблема снижения износостойкости режущих кромок зубьев фрезы с увеличением объема фрезеруемой стружки, т.е. длины шипа. Проведенный анализ зависимости b от L выпускаемых на практике фрез показан на рис. 2, из которой видно, что приемлемую минимальную величину $b=0,2$ мм целесообразно использовать при L не более 10 мм.

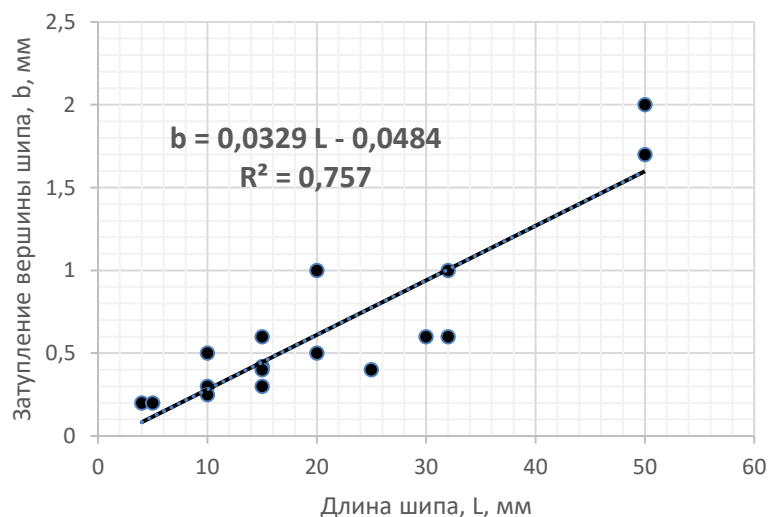
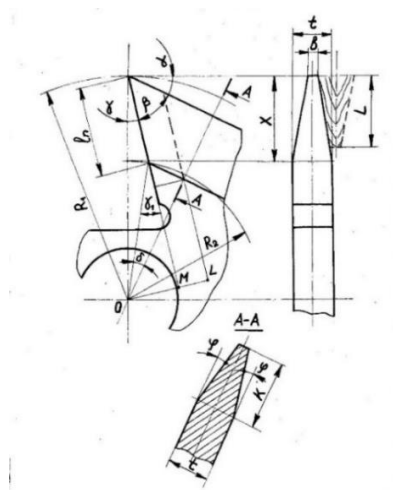


Рис. 2 Зависимость затупления вершины шипа от его длины по данным используемых фрез из инструментальной стали на практике

3. Расчет параметров режущих зубьев фрезы

При проектировании фрез для соединений I категории прочности по ГОСТ 19414-2023 могут быть использованы: порядок расчета параметров режущих зубьев фрезы в зависимости от геометрических размеров шипов согласно рис. 2, а также данные табл. 3.



Порядок расчетов: $X = L(t-b)/(t-2b)$; $R_2 = R_1 - X$; $\gamma_1 = \arcsin(R_1 \sin \gamma / R_2)$;

$$l_n = R_1 \cos \gamma - R_2 \cos \gamma_1; K = l_n \sin \beta; \operatorname{tg} \varphi = (t-b) / 2K;$$

Рис. 3 Параметры и порядок расчета режущего зуба фрезы

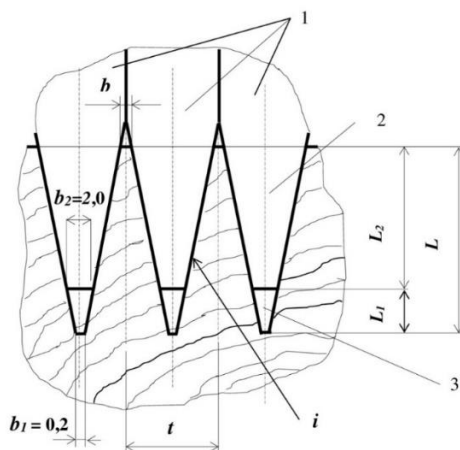
Т а б л и ц а 3 Параметры зуба фрез по ГОСТ 19414-2023

Тип соединения	Обозначения и размеры параметров зуба фрезы, мм										
	D	L	t	b	$i^*)$	X	R_1	R_2	l_n	K	φ^0
I-50	280	50	12	1,7	11,6	59,88	140	80,11	63,78	48,86	6,02 ⁰
I-32	220	32	8	0,6	9,4	34,82	110	75,17	36,68	28,10	7,5 ⁰
I-25	180	25	6	0,4	9,6	26,9	90	63,08	28,32	21,69	7,35 ⁰

Примечание: $i = 2L / (t - 2b)$, т.е. наклон боковой грани зуба равен $1/i$, на пример: $1/9,6$.

4. Способы повышения прочности зубчатых клеевых соединений и особенности конструирования фрез

В связи с этим было предложено использовать **комбинированный способ фрезерования шипов для повышения прочности**, показанный на рис. 4.



1 – Режущие зубья фрезы; 2 – Выемка между шипами, формируемая основной парой режущих зубьев; 3 - Выемка, формируемая дополнительной парой режущих зубьев

Рис.4 Схема комбинированного фрезерования шипов

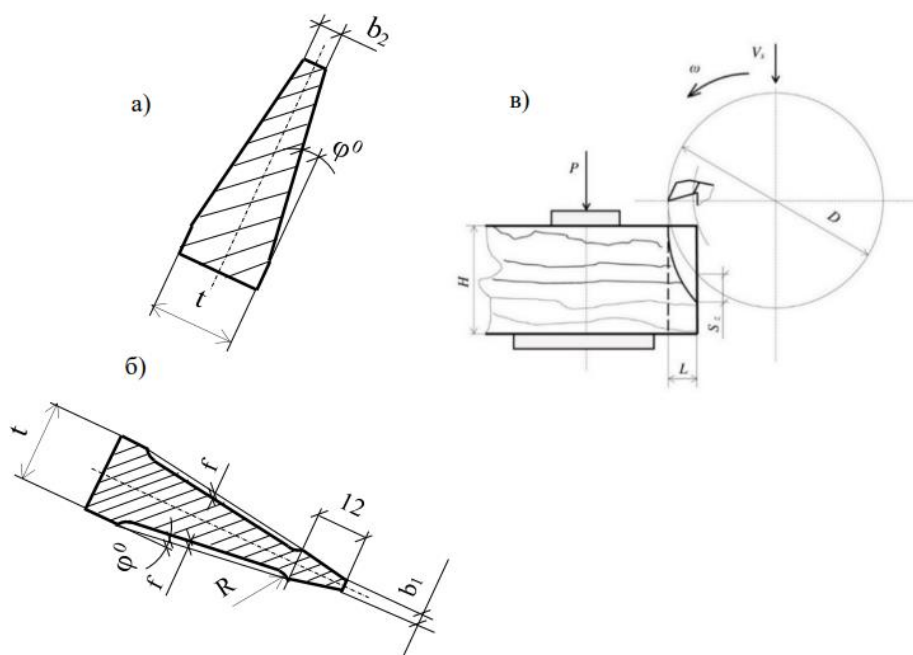
Получены патенты РФ на изобретение № 2818040 на способ и полезные модели фрез № 224448 и № 229258 (см. приложения).

Расчет зубьев фрез для комбинированного фрезерования производят согласно рис. 2 с учетом использования комбинированных пар режущих зубьев фрез, вершины которых расположены на различных диаметрах с различными величинами b_1 и b_2 . Величину b_2 для пары зубьев длиной L_2 в зависимости от i следует определять: $b_2 = 2(b_1 i + 10)/i$.

Для исключения из процесса фрезерования кромок дополнительной пары зубьев на участке длиной L_2 необходимо сделать выемки « f » согласно рис. 5.

Следует также учитывать, что конструкцию патентованных фрез целесообразно использовать только для соединений I категории их прочности согласно ГОСТ 19414-2023, так как этот тип соединений должен применяться лишь для серьезных несущих конструкций, где имеет смысл повышение прочности зубчатых соединений и тем самым их безопасности. Соединения типа II или так называемые «мини шипы» пригодны лишь для стыкования «ширпотреба» (клееный стеновой брус и различные погонажные изделия и др.), где прочность соединений имеет второстепенное значение.

При проектировании фрез для комбинированного фрезерования шипов могут быть использованы требования согласно рис. 5 и данные табл. 4. По этим требованиям фрезы можно проектировать как в виде цельных, так и сборных.



Примечание: Величина фаски f должна быть не менее величины подачи на зуб S_z , определяемую по формуле: $S_z = 1000 * v_s / n * w$, мм; v_s — скорость подачи фрезы, м/мин; n — число зубьев фрезы, шт; w — скорость вращения фрезы, об/мин.

Рис. 5 Схема определения величины подачи на зуб фрезы (в) и исполнение поперечного сечения основной (а) и дополнительной (б) пары режущих зубьев фрезы.

5. Примеры конструктивного решения фрез

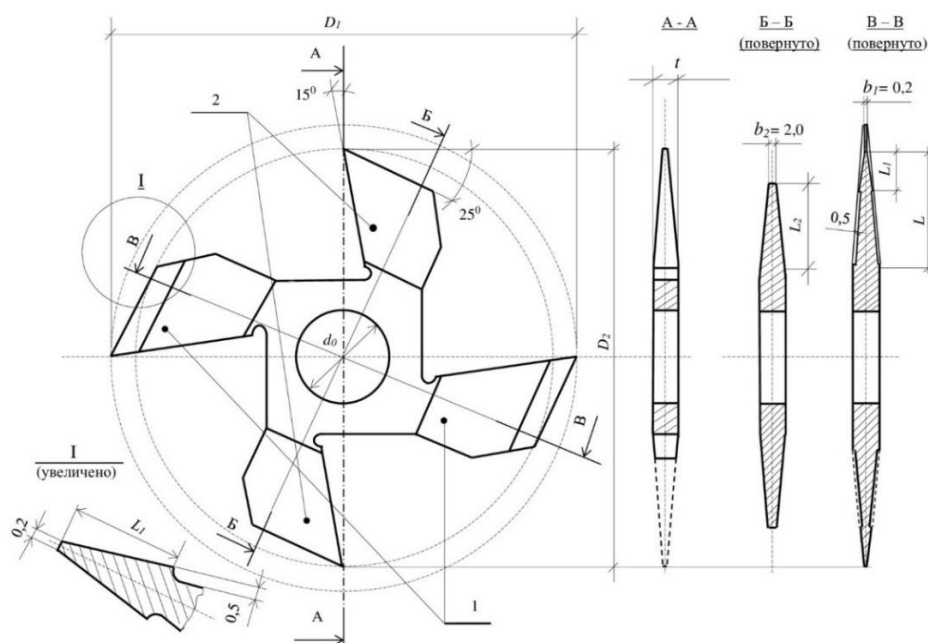
Примеры конструктивных решений фрез приведены на рис. 6, 7, 8 и 9. Предпочтение следует отдавать сборным фрезам для рационального использования инструментальных марок сталей.

Таблица 4. Величины параметров зубьев фрез, полученных комбинированным способом фрезерования

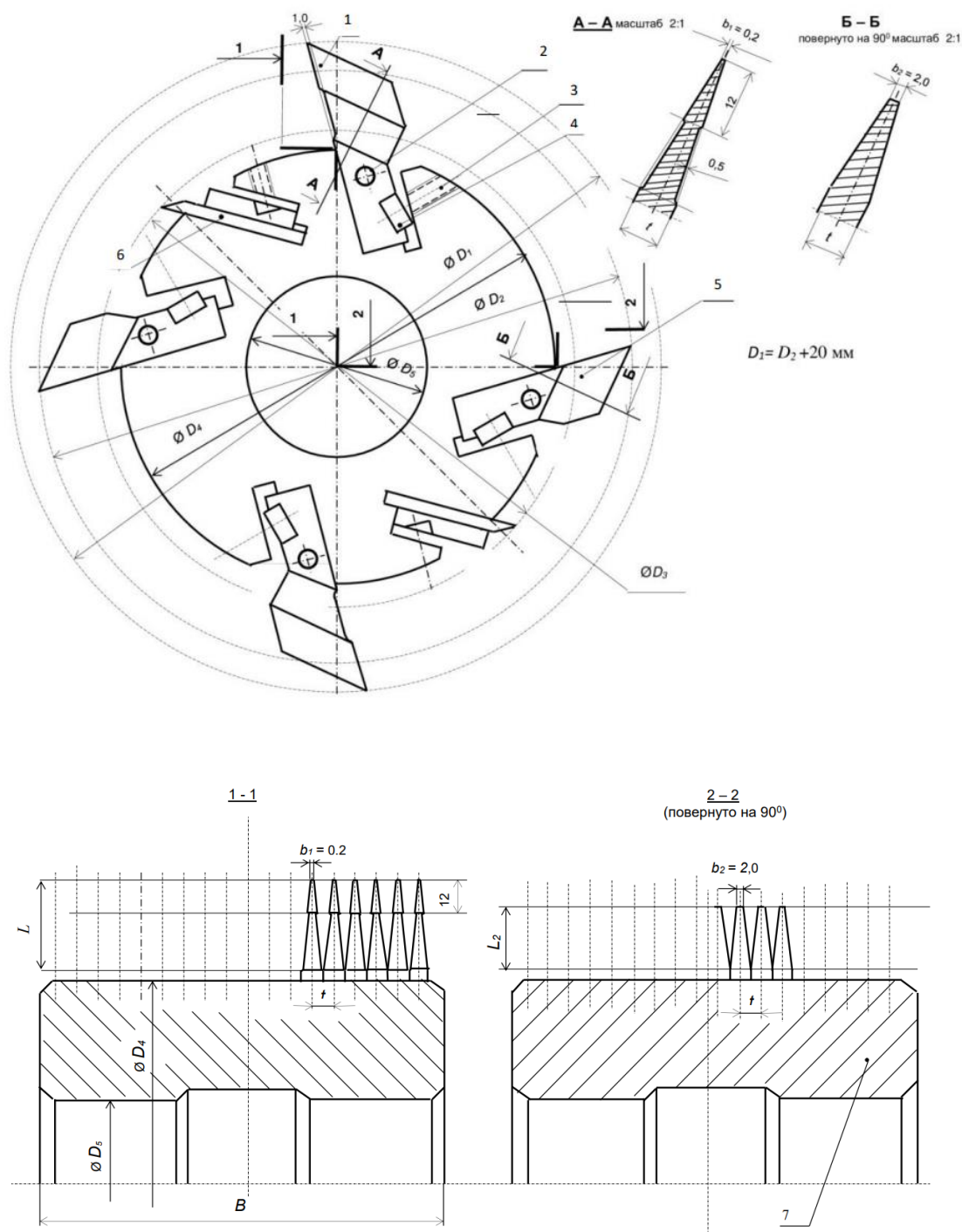
Соединение	Значения размеров										
	D_1	t	L_1	b_1	i^*	R_1	R_2	l_n	X	K	φ^0
	D_2		L_2	b_2							
I - 50	280	12	50	0,2	8,62	140	89,14	53,78	50,86	41,20	$7,92^0$
	260		40	2,72		130		41,96	40,86	32,14	
I - 32	220	8	32	0,2	8,42	110	76,86	34,84	33,14	26,69	$8,31^0$
	200		22	2,78		100		23,02	22,14	17,63	
I - 25	180	6	25	0,2	8,93	90	64,11	27,2	25,89	20,83	$8,12^0$
	160		15	2,64		80		15,36	15,89	11,77	

Примечание: $i = 2 L / (t - 2b)$, т.е. наклон боковой грани зуба равен $1/i$.

Важно продумать конструкцию новой фрезы по патентам № 229258 и 244448 согласно рис. 7 и 8. В качестве примера на рис. 10 и 11 приведены возможные решения конструкции. Конструкция сборной фрезы для фрезерования шипов **25 x 6 x 0,2** мм способом комбинированного фрезерования применительно к технологии ООО «ЭЛСИ» приведено на рис. 10. Решение предусматривает при фрезеровании выемки 3 (рис. 4) между шипами для исключения из работы дополнительной пары режущих зубьев участка длиной L_2 сделать на нем фаски глубиной не менее величины подачи на зуб (рис. 5), что требует экспериментальной проверки. Можно также использовать для этих целей вариант на рис. 11, в котором режущий зуб выполнить в виде комбинированного. Зуб имеет последовательно расположенные профили для формирования основной и дополнительной части выемки и не требует учета величины подачи на зуб, а лишь устройства фасок на боковых поверхностях конструктивно приемлемой глубины.

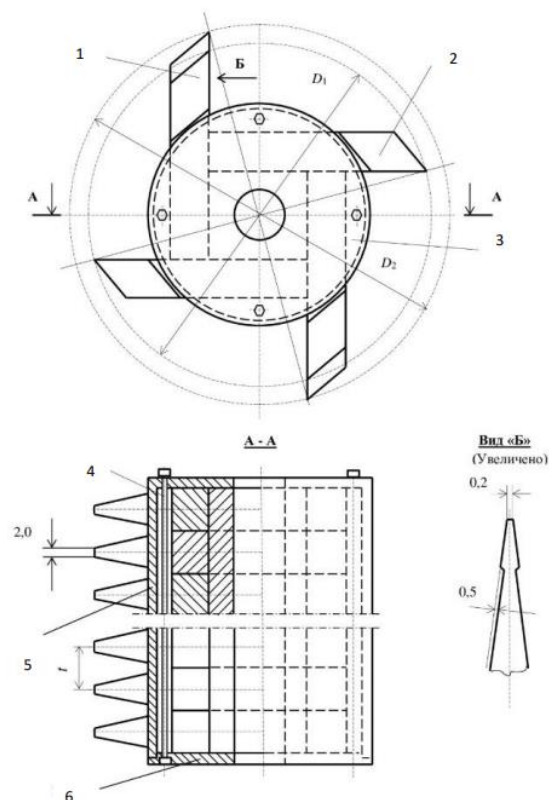


1 – Дополнительная пара режущих зубьев; 2 – Основная пара режущих зубьев;
Рис. 6 Конструкция полезной модели цельной фрезы по патенту № 224448



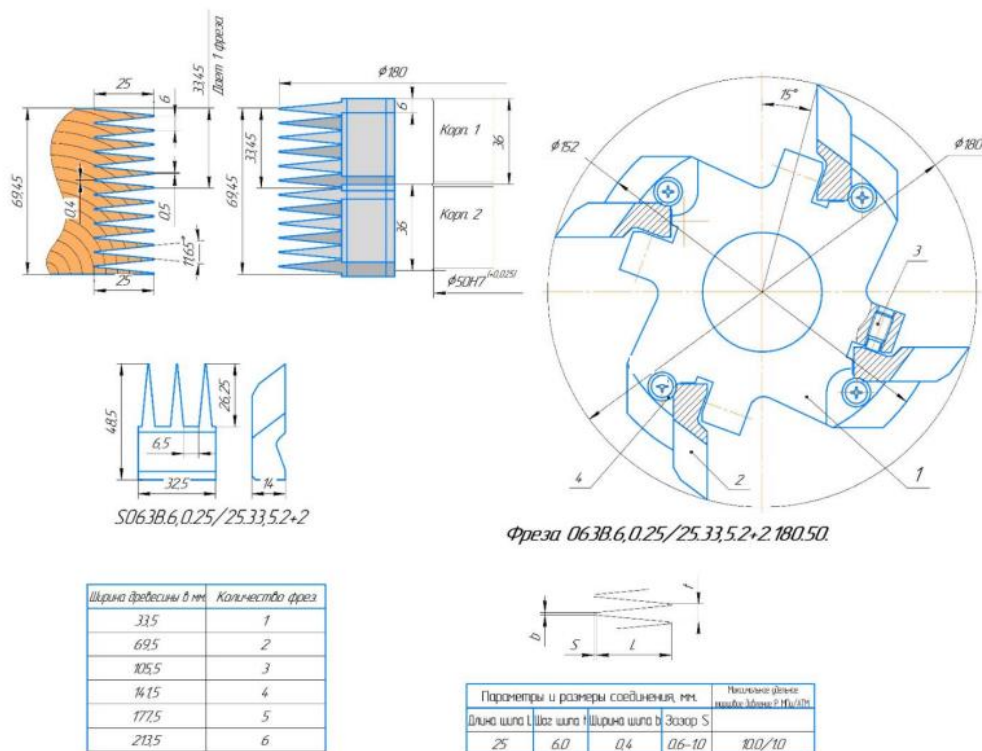
1 – Блок с дополнительными режущими зубьями; 2 – Стяжная шпилька; 3 – Прижимной винт; 4 – Прижимная планка; 5 - Блок с основными режущими зубьями; 6 – Подрезающий фуговальный нож; 7 – Корпус фрезы.

Рис.7 Конструкция полезной модели сборной фрезы по патенту № 229258



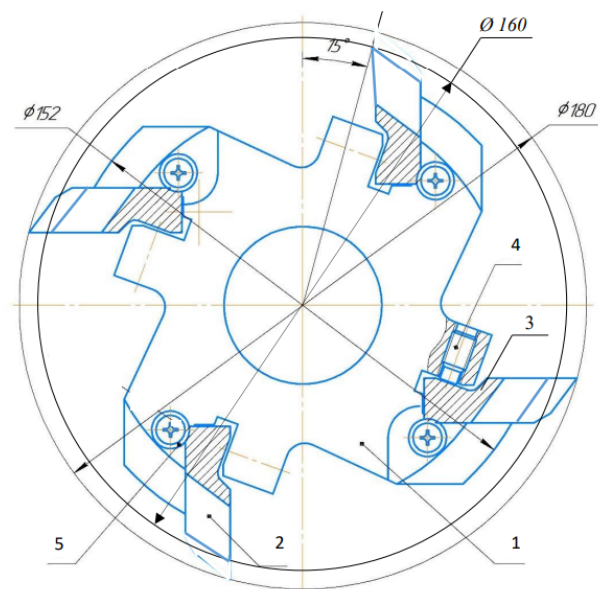
1 - Блок с дополнительными режущими зубьями; 2 – Блок с основными режущими зубьями;
3 – Сборный корпус; 4 – Стяжной болт; 5 – Стакан корпуса; 6 – Прижимной фланец корпуса.

Рис. 8 Конструкция полезной модели сборной фрезы по патенту № 224448

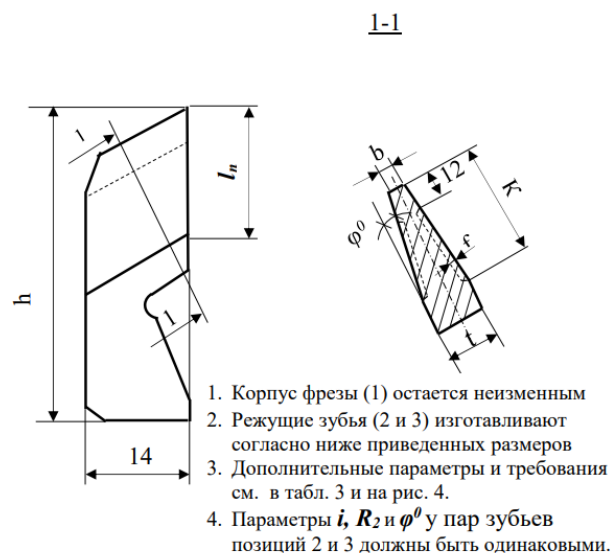


1 – Корпус фрезы; 2 – Режущие зубья фрезы; 3 – Прижимной винт; 4 – Фиксирующий винт.

Рис. 9 Конструкция фрезы производства ООО «ЭЛСИ» (г. Муром)
с параметрами по ГОСТ 19414-2023

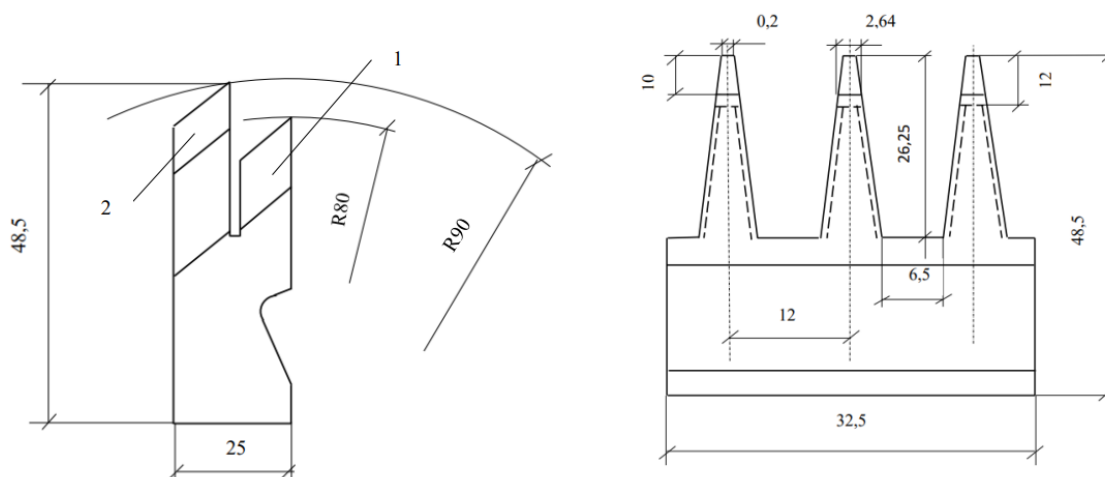


1 – корпус; 2 – основная пара режущих зубьев; 3 – дополнительная пара режущих зубьев; 4 – прижимной винт; 5 – фиксирующий винт.



Позиция зуба	Размеры обозначенных параметров, мм						
	l_n	K	b	t	f	h	ϕ^0
2	15,36	11,77	2,64	6	нет	38,5	8,12°
3	27,2	20,83	0,20		0,5	48,5	

Рис. 10 Конструкция сборной фрезы для фрезерования шипов 25 x 6 x 0,2 мм способом комбинированного фрезерования с использованием технологии ООО «ЭЛСИ»



1 - Основной зуб, формирующий основную часть выемки между шипами;
 2 - Дополнительный зуб, формирующий дополнительную часть выемки.

Рис. 11 Комбинированный режущий зуб для фрезерования шипов 25 x 6 x 0,2 мм по патенту № 229258 применительно к технологии ООО «ЭЛСИ»

6. Основные выводы по предлагаемым направлениям совершенствования фрез

1. Практическая реализация изготовления и производственные испытания фрез для фрезерования зубчатых шипов по требованиям ГОСТ 19414-2023, а также использование способа комбинированного фрезерования согласно патентам РФ № 2818040, 224448 и 229258 позволят за счет повышения прочности зубчатых клеевых соединений осуществить переход конструкционных пиломатериалов от используемого в стране класса прочности «С24» к классам «С30» и «С35». Это обеспечит экономию лесных ресурсов не менее 20%.

2. Предложения разработаны применительно к технологии ООО «ЭЛСИ» (г. Муром), начавших освоение изготовления фрез для шипов по ГОСТ 19414-2023 и патентам РФ № 2818040, 224448 и 229258.

3. Предложена максимальная унификация отдельных параметров шипов для соединений по ГОСТ и патентам: приняты одинаковые величины шага (**t**) и длины (**L**) шипов для I-й категории прочности соединений по ГОСТ 19414-2023.

4. Использование способа комбинированного фрезерования шипов позволит также повысить износостойкость режущих зубьев фрез наряду с использованием традиционных инструментальных сталей и твердосплавных напаек.

5. Для реализации предлагаемых направлений совершенствования фрез должно быть выполнено проектирование фрез, изготовление их опытных образцов для испытаний и поиск заинтересованных производств-заказчиков, изготавливающих конструкционные пиломатериалы и элементы несущих деревянных клеевых конструкций.

Информационные материалы с глубокой благодарностью своему научному руководителю д.т.н., проф. Л.М. Ковальчуку разработал:

к.т.н. Славик Ю.Ю., тел.+7(916) 192-25-78, E-mail: Slavik.sokrat@rambler.ru.

Приложения



Формула полезной модели

Сборная фреза с механическим креплением режущих элементов для формирования зубчатых шипов на древесине, выполненная с комбинированными парами режущих зубьев, формирующими часть длины шипа при ширине впадины между шипами $b_2=2,0$ мм и дополнительную часть длины шипа при ширине впадины между шипами $b_1=0,2$ мм, **отличающаяся тем**, что сборная фреза содержит корпус с пазами и три пары сменных блоков режущих элементов для фрезерования: парой основной части впадин между шипами с геометрическими параметрами L_2 и $b_2=2$ мм, парой дополнительной части фрезеруемой с параметрами $b_1=0,2$ мм и $L_1=12$ мм, парой вершин шипов до величины b , обеспечивающей зазор в стыке при запрессовке шипового соединения и плотного контакта склеиваемых поверхностей, при этом вершины режущих зубьев пар фрезы расположены соответственно на диаметрах D_1 и D_2 , за счет разницы которых обеспечивается длина впадины $L_1=12$ мм и перекрытие зон фрезерования основной и верхней частей шипов величиной 2 мм, необходимое для компенсации возможных изменений размеров зубьев при заточке фрезы, а для исключения из процесса фрезерования части впадин между шипами длиной L_2 режущие элементы блока имеют углубленные участки размерами не менее 1,0 мм на передней грани и не менее 0,5 мм на боковых гранях режущего элемента, а фрезерующие блоки режущих элементов сборно-разборными при помощи стяжных элементов.



Формула полезной модели

Фреза для формирования клиновидных шипов на древесине с заданными геометрическими размерами на концах заготовок из пиломатериалов для сращивания их по длине, включающая втулку с фланцами, выполненными со сквозными пазами, а также размещенные между фланцами шипообразующие ножи, имеющие противоположный наклон боковых граней, а между ними - торцующие ножи, имеющие с одной стороны наклонные боковые грани, **отличающаяся тем**, что выполнена с комбинированными парами режущих зубьев: основной, формирующей большую часть длины шипа L при величине $b_1 = 2,0$ мм, и дополнительной, формирующей длину шипа величиной 15 мм при величине $b = 0,2$ мм, профиль обеих пар режущих зубьев фрезы выполнен так, чтобы обеспечить при фрезеровании величину $i = (0,5t - b)/L$, равную $1/10$, где:

$$t = L / 5 + 2b;$$

$$L = 5 (t - 2b);$$

i - величина наклона склеиваемых поверхностей шипов к волокнам древесины;

L - длина шипа, мм; t - шаг шипов, мм;

b_1 - размер затупления вершины шипа, мм;

b - ширина впадины между шипами, мм,

а фреза выполнена в виде цельной фрезы.



Формула изобретения

Способ изготовления зубчатых клеевых соединений деревянных элементов конструкций, включающий сушку пиломатериалов; фрезерование на их концах зубчатых шипов, выполненных в средней части с участком постоянной толщины в их рабочем сечении; нанесение клея на поверхности шипов; запрессовку шипового соединения продольным усилием или с одновременным приложением вибрации по крайней мере к одной из склеиваемых заготовок; выдержку склеенных заготовок пиломатериалов для отверждения клея и механическую обработку их поверхностей, **отличающийся тем**, что с целью осуществления фрезерования шипов с оптимальными геометрическими размерами: величиной затупления его вершины b и наклоном склеиваемых боковых поверхностей шипов i , обеспечивающими максимальную прочность зубчатого клеевого соединения с гарантией высокой износостойкости режущего инструмента - фрез, применяют комбинированный метод фрезерования шипов путем раздельного их фрезерования по длине: основной их части длиной L_1 от общей длины шипа в готовом клеевом соединении L с безопасной величиной затупления его вершины b_1 не менее 2 мм, для обеспечения минимального износа режущей кромки b_1 при фрезеровании, а также верхней части шипа, фрезеруемой с минимальным затуплением b_2 не более 0,2 мм и минимальной длиной не более 10 мм; при этом для обеспечения фрезерования только верхней части шипа длиной 10 мм в оставшихся наклонных поверхностях зубьев фрезы на расстоянии 12 мм от вершины шипа делают углубления на величину 1 мм с целью исключения фрезерования части зубьями в зоне основной части шипа, и для реализации комбинированного метода фрезерования применяют два комплекта фрез: один для фрезерования основной части шипа, а другой – верхней части, фрезеруют последовательно каждую из них, или применяют один комплект фрез с комбинированными парами зубьев в единой фрезе, поочередно фрезерующими части шипов зубьями с величинами затупления b_1 и b_2 , с расположением вершин пар зубьев на диаметрах D_1 и $D_2=D_1+24$ мм в конструкции фрезы, а оси симметрии обеих пар зубьев фрезы находятся в одной вертикальной ее плоскости при условии одинакового наклона боковых сторон шипа i .