

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составитель
А. М. Романенко

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

**Методические указания к лабораторным работам
и курсовой работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Рецензент

Коротков А. Н. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлорежущих станков и инструментов

Романенко Андрей Михайлович

Режущий инструмент : методические указания к лабораторным работам и курсовой работе : для студентов направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра металлорежущих станков и инструментов ; составитель А. М. Романенко. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (3073 Кб). – Текст : электронный.

В методических указаниях изложены основные цели, оборудование, приборы, материалы и порядок выполнения лабораторных работ по курсу «Режущий инструмент», а также даны методические указания по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, профили подготовки Технология машиностроения, Металлообрабатывающие станки и комплексы

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2025

© Романенко А. М., составление,
2025

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	4
Лабораторная работа №1 ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА	4
Лабораторная работа №2 ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЦОВ С МНОГОГРАННЫМИ СМЕННЫМИ ПЛАСТИНАМИ	12
Лабораторная работа №3 ИЗУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ЭВОЛЬВЕНТНЫМ ПРОФИЛЕМ	21
Лабораторная работа № 4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАЗВЕРТОК	31
СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	35
Приложение 1	48
Приложение 2	61
Приложение 3	70
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	79

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы проводятся с целью освоения и закрепления лекционного материала и приобретения практических навыков при работе с режущим инструментом.

Лабораторная работа №1 ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение способов настройки различных инструментов вне станка.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Повышение эффективности производства изделий машиностроения во многом определяется опережающим развитием инструмента как одного из основных компонентов технологической системы.

Пути повышения производительности труда и снижения стоимости обработки в технологической системе весьма разнообразны и сложны, зачастую они не совпадают с путями повышения точности обработки. Речь идет о проблемах технического и организационного характера, которые включают:

- учет факторов конструирования изготавливаемых изделий (формы, материалов, комплектующих и т. д.);
- организацию труда (в целях исключения потерь рабочего времени, связанных с подготовкой инструмента, транспортированием деталей, организацией рабочего места и т. п.);
- рационализацию технологии производства (разработку технологического потока, технологического оборудования, его эксплуатацию).

Каждая из этих проблем связана с каждым элементом технологической системы, включая инструмент. С точки зрения инструментального обеспечения, важно выявление аспектов влияния инструментальной оснастки на производительность труда и

стоимость обработки в технологической системе, равно как и выявление путей повышения производительности труда и снижения себестоимости в той мере, в какой они определяются этим элементом технологической системы.

Вспомогательный инструмент – элемент технологической системы, посредством которого режущий инструмент базируется и закрепляется на станке с учетом ряда условий макро- и микрогеометрии. С его помощью реализуется связь между рабочим органом станка (шпинделем, суппортом и т. п.) и инструментом.

Влияние вспомогательного инструмента на производительность труда и стоимость обработки в технологической системе определяется его конструкцией, как технико-экономическим фактором, так и участием в следующих процессах:

- установка вспомогательного инструмента на станок и снятие его со станка;
- закрепление режущего инструмента во вспомогательном инструменте и извлечение первого из последнего;
- регулирование положения режущего инструмента относительно вспомогательного.

Главными характеристиками, служащими для оценки эффективности использования вспомогательного инструмента с точки зрения экономики и производительности труда, являются:

- время установки инструмента на станок и снятие его со станка;
- время закрепления и раскрепления (время смены) инструмента;
- время регулирования и/или предварительного регулирования инструмента.

Эти промежутки времени составляют значительную долю общего времени обработки, в особенности в мелкосерийном производстве, когда ввиду значительного числа переходов необходима частая смена инструмента.

Дополнительными характеристиками служат:

- режимы резания, допускаемые в соответствии с жесткостью закрепления инструмента и жесткостью самого вспомогательного инструмента;
- себестоимость вспомогательного инструмента и расходы, связанные с его использованием.

Эффективность многоцелевых станков с ЧПУ можно повысить как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации вспомогательного инструмента.

С этой целью решались следующие задачи:

- сокращение промежутков времени закрепления и раскрепления режущего инструмента;
- сокращение промежутков времени закрепления и раскрепления вспомогательного инструмента;
- сокращение времени регулирования положения режущего инструмента во вспомогательном инструменте;
- внедрение метода предварительного регулирования инструмента;
- уменьшение времени предварительного регулирования инструмента;
- повышение жесткости закрепления вспомогательного инструмента и режущего инструмента;
- повышение квалификации технологического персонала, обслуживающего инструмент.

Для решения этих задач конструкции вспомогательного инструмента должны обеспечивать:

- быстрое закрепление и раскрепление инструмента, по возможности, непосредственно во время работы;
- быстрое и надежное базирование и закрепление;
- краткосрочную наладку инструментов на выполнение заданных размеров;
- легкий и быстрый монтаж и демонтаж инструмента;
- предварительное регулирование расточных инструментов для выполнения заданных по чертежу размеров;
- кодирование и считывание функций и назначения инструмента;
- активный контроль и саморегулирование (периодическое регулирование) и т. д.

2.1. Настройка токарных резцов

Для сокращения основного технологического времени обработки ступенчатого вала применяют блок резцов (рис. 1) для со-

кращения времени наладки блок настраивают вне станка по координатам X, Y, Z.

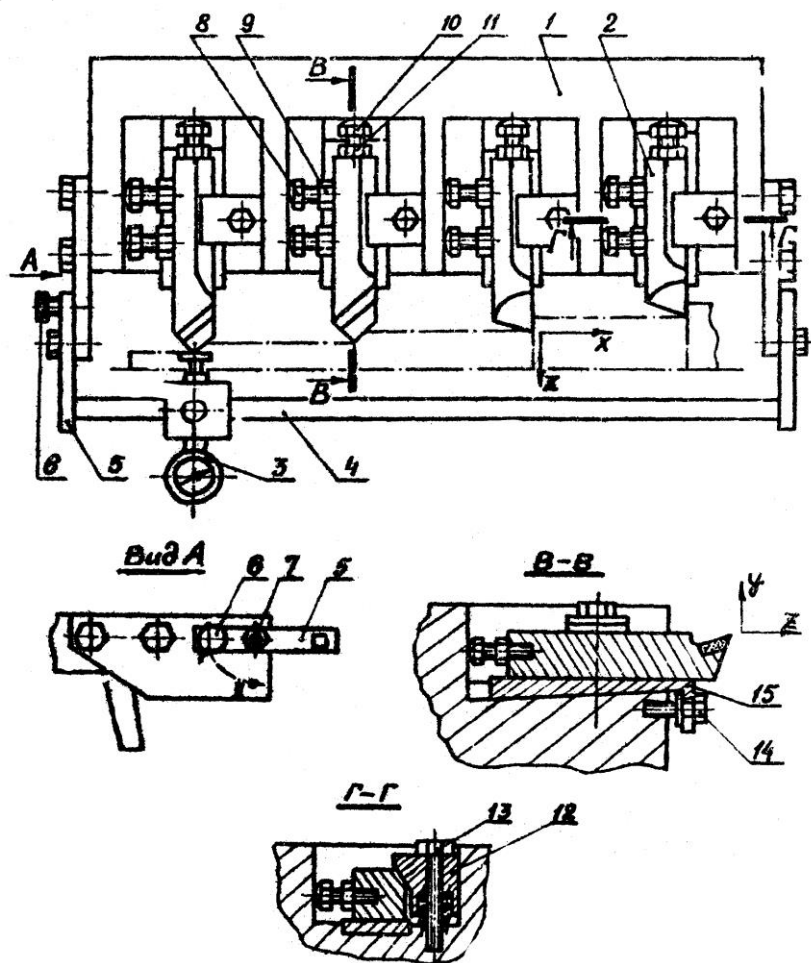


Рис. 1. Блок резцов: 1 – корпус; 2 – резец; 3 – индикатор; 4 – направляющая; 5 – планка; 6 – винт фиксации планки; 7 – ось планки; 8, 9 – установочные винт и контргайка (ось x); 10, 11 – установочные винт и контргайка (ось z); 12 – прижим; 13 – винт; 14 – винт; 15 – клин

По координате Y резцы должны быть выставлены на одну и ту же высоту – высоту оси центров, что достигается вращением винта 14, который связан с клином 15. Контролируется эта высота индикатором 3, свободно скользящим по направляющей 4. Планка 5 с индикатором должна быть установлена относительно оси 7 в положение II и зафиксирована винтом 6.

По координатам X и Z резцы могут быть выставлены двумя способами: а) по шаблону; б) с помощью линейки (штангенциркуля) и индикатора 3. Первый способ прост, но менее точен. По

второму способу координата Z настраивается, в зависимости от диаметров различных ступеней обрабатываемого вала, винтом 10 и фиксируется гайкой 11. Контролируется размер индикатором 3 при установке планки 5 в положение I и фиксации ее винтом 6. Координата X выставляется с помощью линейки или штангенциркуля винтами 8 и фиксируется гайками 9. После установления резца по всем размерам он зажимается винтом 13 посредством прижима 12.

2.2. Настройка осевых инструментов

Для настройки комплекта осевых инструментов, работающих на агрегатном станке или станке-автомате, может быть использовано многопозиционное приспособление с подвижным шаблоном флажкового типа рис. 2.

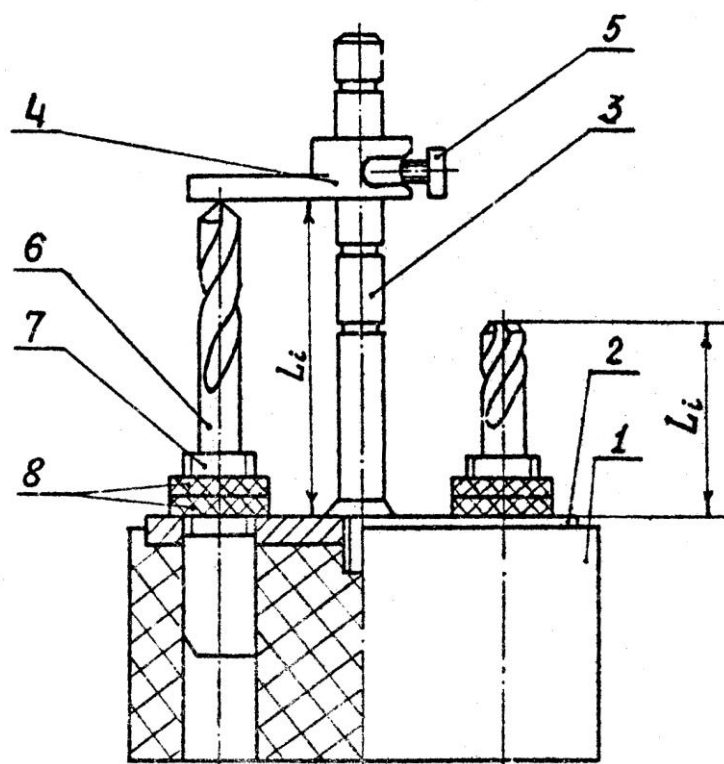


Рис. 2. Прибор флажкового типа: 1 – корпус; 2 – плита;
3 – стойка; 4 – подвижный флажок; 5 – винт;
6 – осевой инструмент; 7 – оправка; 8 – контргайки

В корпусе I приспособления установлена плита 2, в которой крепится стойка 3 с подвижным флажком 4. На стойке нанесены

пазы, в которые входит винт 5 при фиксации флажка на заданный размер L_i .

Инструмент 6 закрепляется в оправке 7 с помощью конуса Морзе. Регулировка и фиксация размеров L_i производится имеющимися на оправке двумя гайками 8.

2.3. Настойка комплекта фрез

Многоинструментальное фрезерование повышает производительность труда. На одношпиндельных станках для обработки различных поверхностей одной детали применяется набор фрез 1, 2, 3, 4 (рис. 3), разделенных между собой установочными кольцами 5 и закрепленных на общей оправке 6.

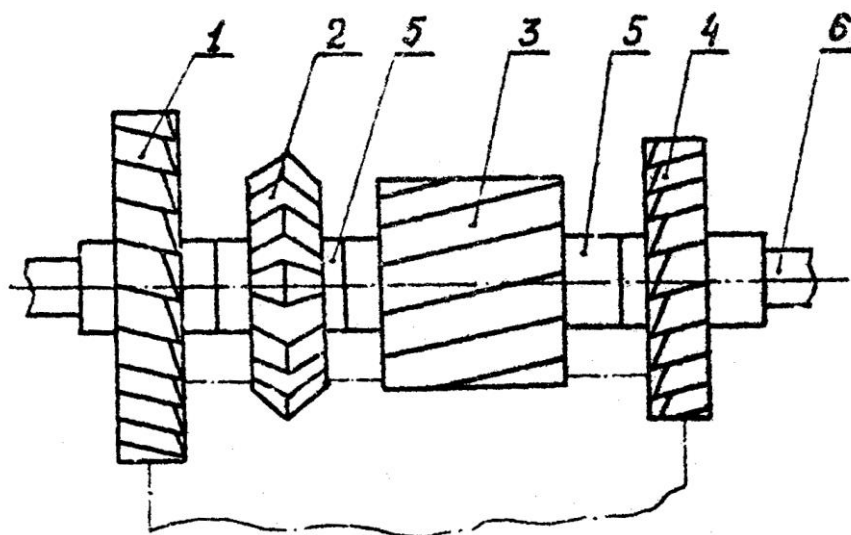


Рис. 3. Блок фрез: 1, 2, 3, 4 – набор фрез;
5 – установочные кольца; 6 – оправка

Для обеспечения точности обработки необходим подбор колец определенной толщины, а также подбор размеров фрез по диаметрам и ширине и расчет допусков на эти размеры у новых сточенных фрез.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание от преподавателя (см. приложение 1).

2. Произвести настройку:

- блока резцов;
- комплекта осевых инструментов;
- набора фрез.

3. Представить настроенный инструмент на проверку преподавателю.

4. Составить отчет.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет оформляется на отдельных листах формата А4. Он должен содержать:

- наименование и цель лабораторной работы;
- эскизы установок, на которых производилась настройка инструментов, а также обрабатываемых деталей с проставлением всех размеров, указанных в вариантах, и их отклонений. Причем, на наборе фрез следует указать наружный и внутренний диаметры, ширину, длину каждой фрезы с соответствующими допусками.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к режущему инструменту в автоматизированном производстве.

2. Каково назначение вспомогательного инструмента?

3. Требования, предъявляемые к вспомогательному инструменту.

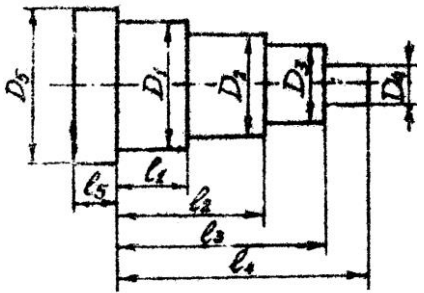
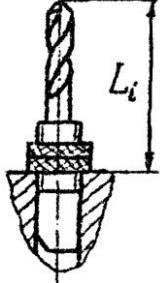
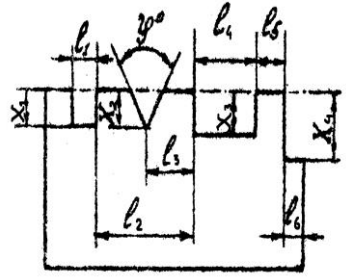
4. Охарактеризуйте особенности конструкции режущих инструментов, применяемых в автоматизированном производстве.

5. Перечислите инструменты, применяемые при настройке резцов.

6. Перечислите инструменты, применяемые при настройке осевых инструментов.

7. Перечислите инструменты, применяемые при настройке фрез.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ варианта	<p>Эскиз вала</p> 	<p>Длины L_1 - сверла L_2 - зенкера L_3 - развертки</p> 	<p>Эскиз фрезеруемой детали</p> 
1	$D_1 = 80$ $l_1 = 89$ $D_2 = 74$ $l_2 = 189$ $D_3 = 66$ $l_3 = 276$ $D_4 = 60$ $l_4 = 300$ $D_5 = 85$ $l_5 = 10$	$L_1 = 160$ $L_2 = 110$ $L_3 = 100$	$l_1 = 16$ $X_1 = 24$ $l_2 = 60$ $X_2 = 15$ $l_3 = 28$ $X_3 = 10$ $l_4 = 63$ $X_4 = 20$ $l_5 = 18$ $\varphi^\circ = 120^\circ$ $l_6 = 8$
2	$D_1 = 50$ $l_1 = 86$ $D_2 = 46$ $l_2 = 181$ $D_3 = 40$ $l_3 = 273$ $D_4 = 30$ $l_4 = 280$ $D_5 = 0$ $l_5 = 0$	$L_1 = 150$ $L_2 = 100$ $L_3 = 90$	$l_1 = 16$ $X_1 = 20$ $l_2 = 58$ $X_2 = 0$ $l_3 = 0$ $X_3 = 6$ $l_4 = 63$ $X_4 = 16$ $l_5 = 18$ $\varphi^\circ = 0^\circ$ $l_6 = 6$
3	$D_1 = 56$ $l_1 = 91$ $D_2 = 52$ $l_2 = 188$ $D_3 = 46$ $l_3 = 278$ $D_4 = 40$ $l_4 = 290$ $D_5 = 60$ $l_5 = 5$	$L_1 = 140$ $L_2 = 90$ $L_3 = 180$	$l_1 = 16$ $X_1 = 13$ $l_2 = 47$ $X_2 = 10$ $l_3 = 28$ $X_3 = 8$ $l_4 = 63$ $X_4 = 18$ $l_5 = 45$ $\varphi^\circ = 110^\circ$ $l_6 = 5$
4	$D_1 = 61$ $l_1 = 88$ $D_2 = 57$ $l_2 = 185$ $D_3 = 50$ $l_3 = 275$ $D_4 = 45$ $l_4 = 285$ $D_5 = 0$ $l_5 = 0$	$L_1 = 160$ $L_2 = 100$ $L_3 = 170$	$l_1 = 16$ $X_1 = 25$ $l_2 = 47$ $X_2 = 22$ $l_3 = 28$ $X_3 = 20$ $l_4 = 63$ $X_4 = 0$ $l_5 = 10$ $\varphi^\circ = 110^\circ$ $l_6 = 0$
5	$D_1 = 92$ $l_1 = 86$ $D_2 = 88$ $l_2 = 182$ $D_3 = 84$ $l_3 = 274$ $D_4 = 80$ $l_4 = 283$ $D_5 = 100$ $l_5 = 20$	$L_1 = 150$ $L_2 = 90$ $L_3 = 160$	$l_1 = 0$ $X_1 = 0$ $l_2 = 0$ $X_2 = 15$ $l_3 = 55$ $X_3 = 10$ $l_4 = 63$ $X_4 = 20$ $l_5 = 46$ $\varphi^\circ = 120^\circ$ $l_6 = 9$

Лабораторная работа №2 ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЦОВ С МНОГОГРАННЫМИ СМЕННЫМИ ПЛАСТИНАМИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель данной работы – ознакомить студентов с конструкцией резцов с многогранными сменными пластинами

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сборный токарный резец (рис. 1) состоит из державки и сменной многогранной пластины, прикрепляемой к державке разными способами. Использование СМП сокращает трудоемкость изготовления инструмента и повышает его качество.

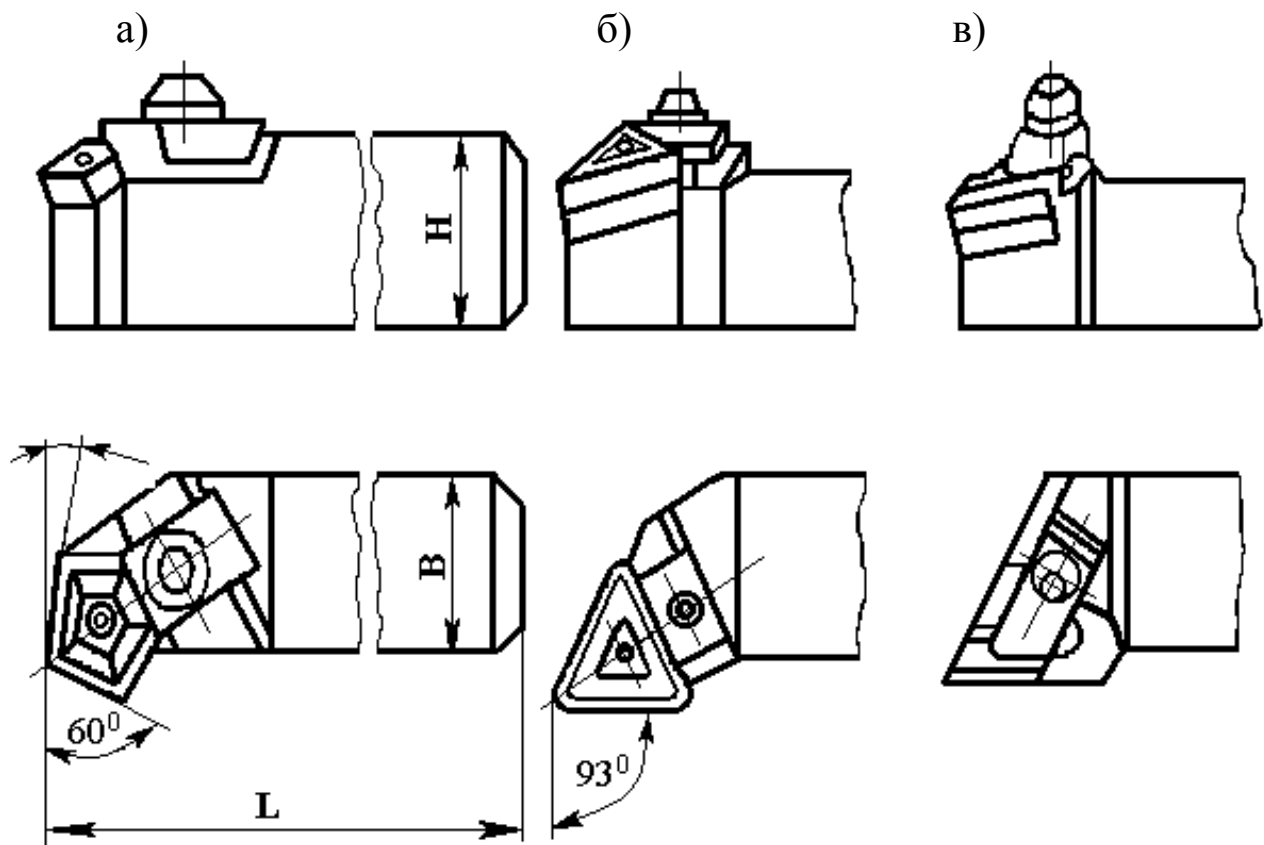


Рис. 1. Резцы со сменными многогранными пластинами:
а – пятигранный; б – трехгранный; в – параллелограмм

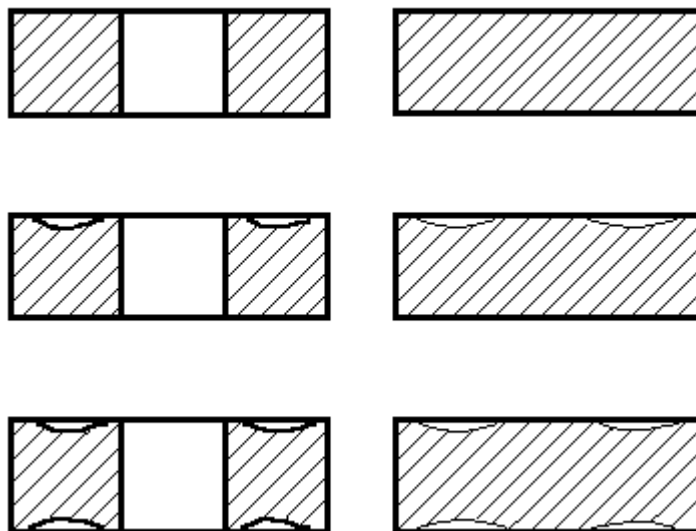
2.1. Сменные многогранные пластины для сборных токарных резцов

Согласно ГОСТ 19042-80 многогранные пластины разделяют на режущие, опорные и стружколомы. Первые используют для изготовления рабочей части инструмента; вторые являются опорой режущих пластин, обеспечивая точное базирование и большой срок службы державки; стружколомы используют для дробления стружки. Режущие пластины СМП различают по конструкции, размерам и точности изготовления. По первому признаку различают тип пластины, форму, вид режущей кромки. Основные виды пластин показаны на рис. 2. Они различаются по четырем конструктивным признакам:

- по числу рабочих граней – односторонние (R, M) и двусторонние (N, A, F, G);
- по форме передней грани – с плоской гранью (N, A) и со стружколомающими канавками (R, M, F, G);
- в зависимости от наличия отверстия – без отверстия (N, R, F) и с отверстием (A, M, G).

В зависимости от величины заднего угла – с $\alpha = 0$ и $\alpha > 0$.

а)



б)

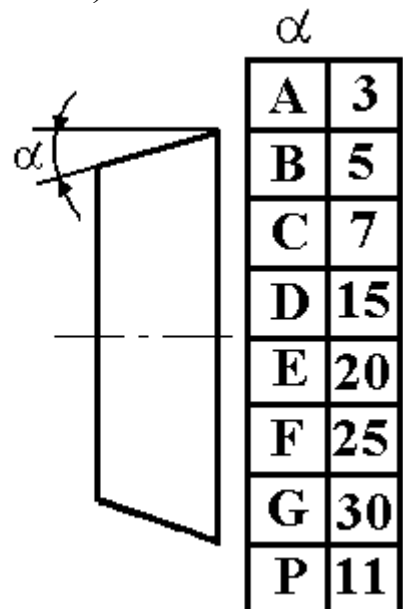


Рис. 2. Сменные многогранные пластины:
а – тип пластины; б – значение заднего угла

По форме (рис. 3) пластины разделяют на равносторонние и равноугольные – Н, О, Р, R, S, Т; равносторонние и неравноугольные (ромб, неправильный шестигранник) – С, D, E, М, V, W. Неравносторонние и равноугольные – L; неравносторонние и неравноугольные – А, В, К, F.

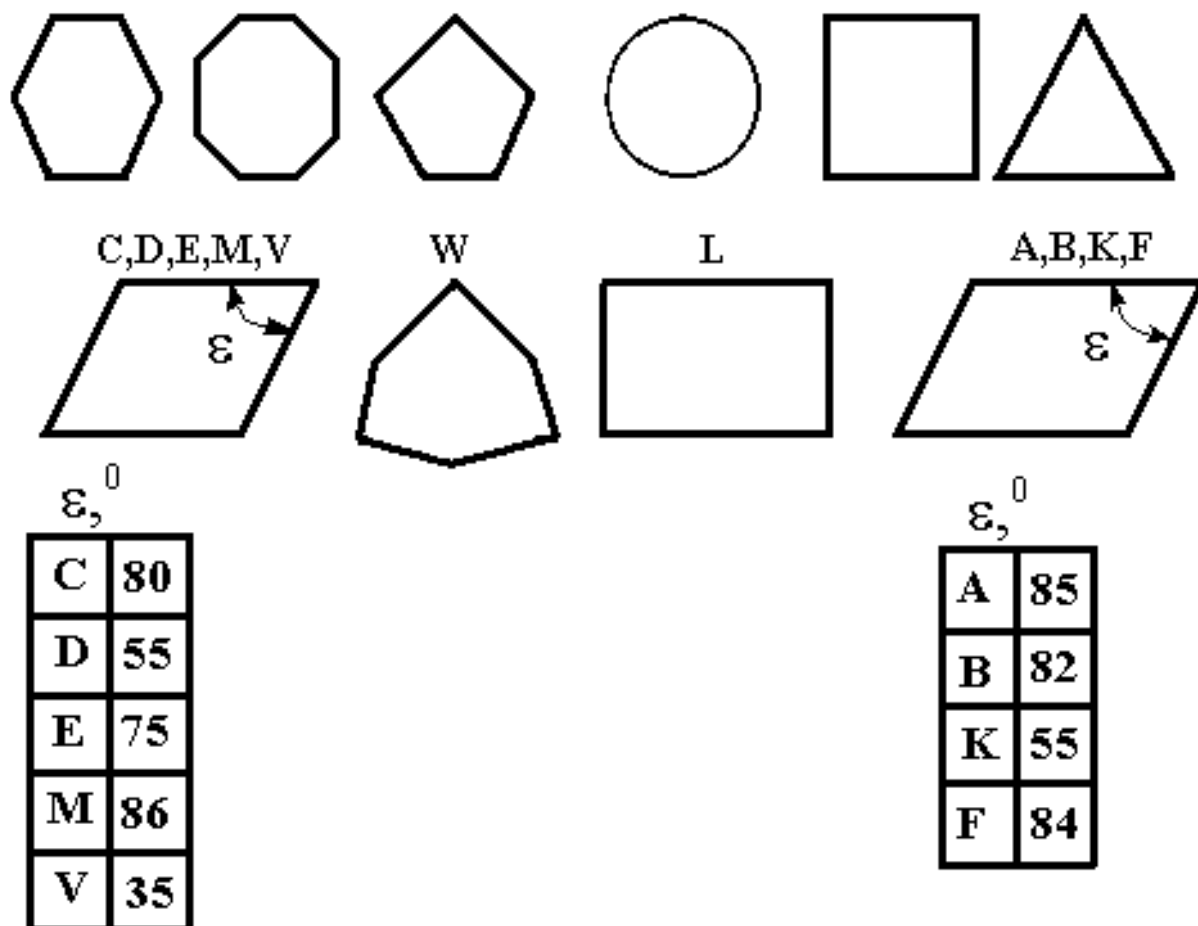


Рис. 3. Форма сменных многогранных пластин

По виду режущей кромки пластины делят на острые F – ($r_n \leq 0,002$); скругленные – E; с фаской – Т; с фаской и скруглением – S.

Установлены пять классов точности изготовления пластин: С, E, G, M, И.

Допуски по классу точности приведены в табл.1, 2.

Таблица 1

Выбор формы пластин

Вид обработки	Пластина				
	T	W	C	S	B
Чистовая	4	2	4	3	5
Получистовая	4	3	5	4	4
Черновая	2	3	4	5	2
Точение по корке	2	3	4	5	1
Прерывистая	2	2	4	5	1

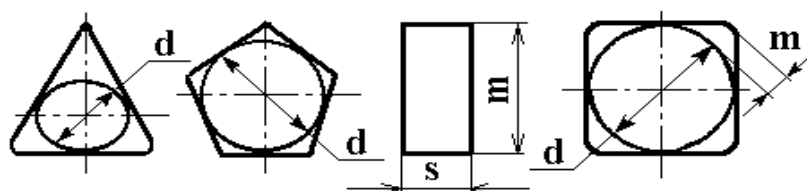
Таблица 2

Классы допусков пластин

Класс	Отклонения размеров, мм		
	M	s	D
C	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,25$
E	$\pm 0,025$		
G		$\pm 0,130$	
M	$\pm 0,08 \dots 0,18$		$\pm 0,050 \dots 0,130$
U	$\pm 0,13 \dots 0,38$	$\pm 0,080 \dots 0,250$	

Размеры, определяющие точность пластин, показаны на рис. 4.

а)



б)

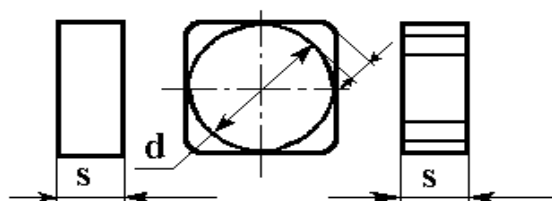


Рис. 4. Размеры, определяющие точность пластин: а – с нечетным числом граней; б – с четным числом граней; в – с фаской

Для обозначения СМП применяют 13-разрядный индекс, причем 10 разрядов являются обязательными (рис. 5). Первые четыре разряда означают: 1 – форму; 2 – задний угол; 3 – точность изготовления; 4 – тип.

Далее через тире следует шесть цифровых разрядов: длина режущей кромки (5, 6); толщина пластин (7, 8); радиус при вершине (9, 10). На рис. 5 дана иллюстрация обозначения пластины.

Пример обозначения треугольной пластины с нулевым задним углом, класса М, с отверстием, односторонними стружколомающими канавками, размерами $l = 16,5$; $s = 4,76$; $r = 0,8$, имеющей режущую кромку с фаской: TNMM – 160408TR.

Сменные многогранные пластины изготавливают из твердых сплавов, сверхтвердых материалов (СТМ) и минералокерамических сплавов. Для обработки железоуглеродистых сталей и сплавов используют пластины вольфрамокобальтовой (ВК), вольфрамотитанокобальтовой (ВТК) и вольфрамотитанотанталокобальтовой (ВТТК) групп.

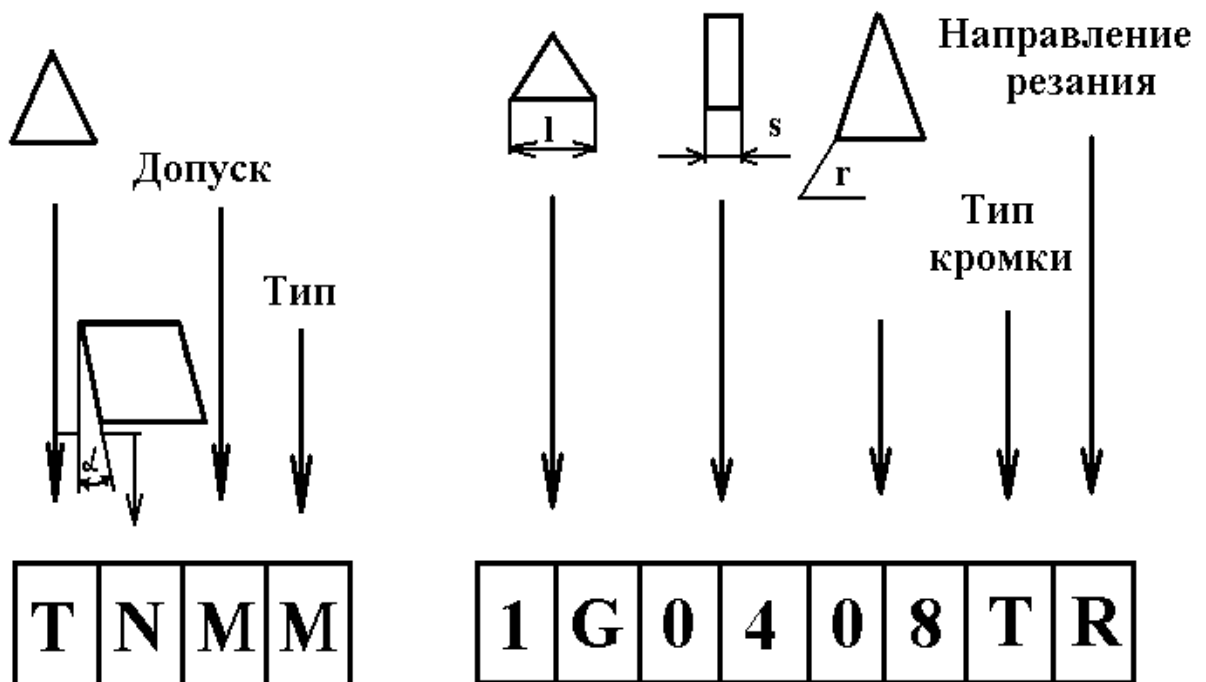


Рис. 5. Обозначение пластины

Резцы, оснащенные пластинами из СТМ (на основе алмаза и кубического нитрида бора), используют на операциях получистового и чистового точения закаленных сплавов и твердых сплавов взамен операции шлифования. Гамма выпускаемых промышленностью СТМ на основе кубического нитрида бора объединяется под общим названием «композиты». Применение резцов с СМП из композитов обеспечивает 7-й квалитет точности, шероховатость $R_a = 0,16 \dots 1,25$ мкм. Основная область применения минералокерамических сплавов – получистовое и чистовое точение закаленных сталей и отбеленных чугунов, а также конструкционных легированных и быстрорежущих сталей со скоростями резания 200...250 м/мин для стали и 150...250 м/мин для чугуна. Промышленность выпускает пластины из оксидной керамики (ЦМ332, ВШ); оксидно-карбидной (ВЗ ВСК-60, ВОК-63, ВОК-70, ВОК-71); оксидно-нитридной (кортинит-20, силенил-Р). Использование минералокерамики ограничивается пониженной прочностью на изгиб (550...750 МПа) по сравнению с твердыми сплавами (750...1500 МПа), поэтому наиболее эффективно применение минералокерамики для обработки сталей с твердостью $HRC_3 = 30 \dots 65$ с небольшими припусками (до 3 мм) при отсутствии корок, окалин, раковин.

2.2. Конструкции узлов крепления резцов с СМП

Разнообразие конструкций крепления (рис. 6) можно свести к трем основным схемам крепления: прижим сверху; через отверстие и клином.

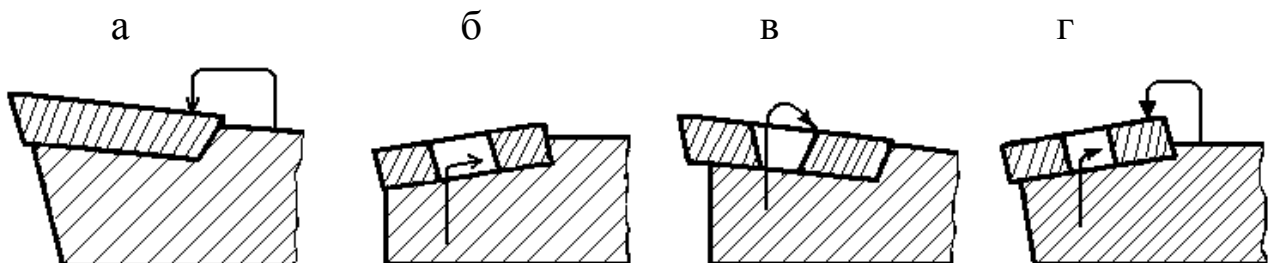


Рис. 6. Схемы механического крепления режущих пластин:

а – прижимом; б – штифтом; в – винтом;

г – штифтом и прижимом

Используется два способа установки и закрепления двузначным числом, в котором первая цифра – способ установки, а вторая – способ крепления, получаем шесть способов установки и крепления пластин: 11; 12; 13; 21; 22; 23.

На рис. 7 приведены схемы базирования и крепления пластин.

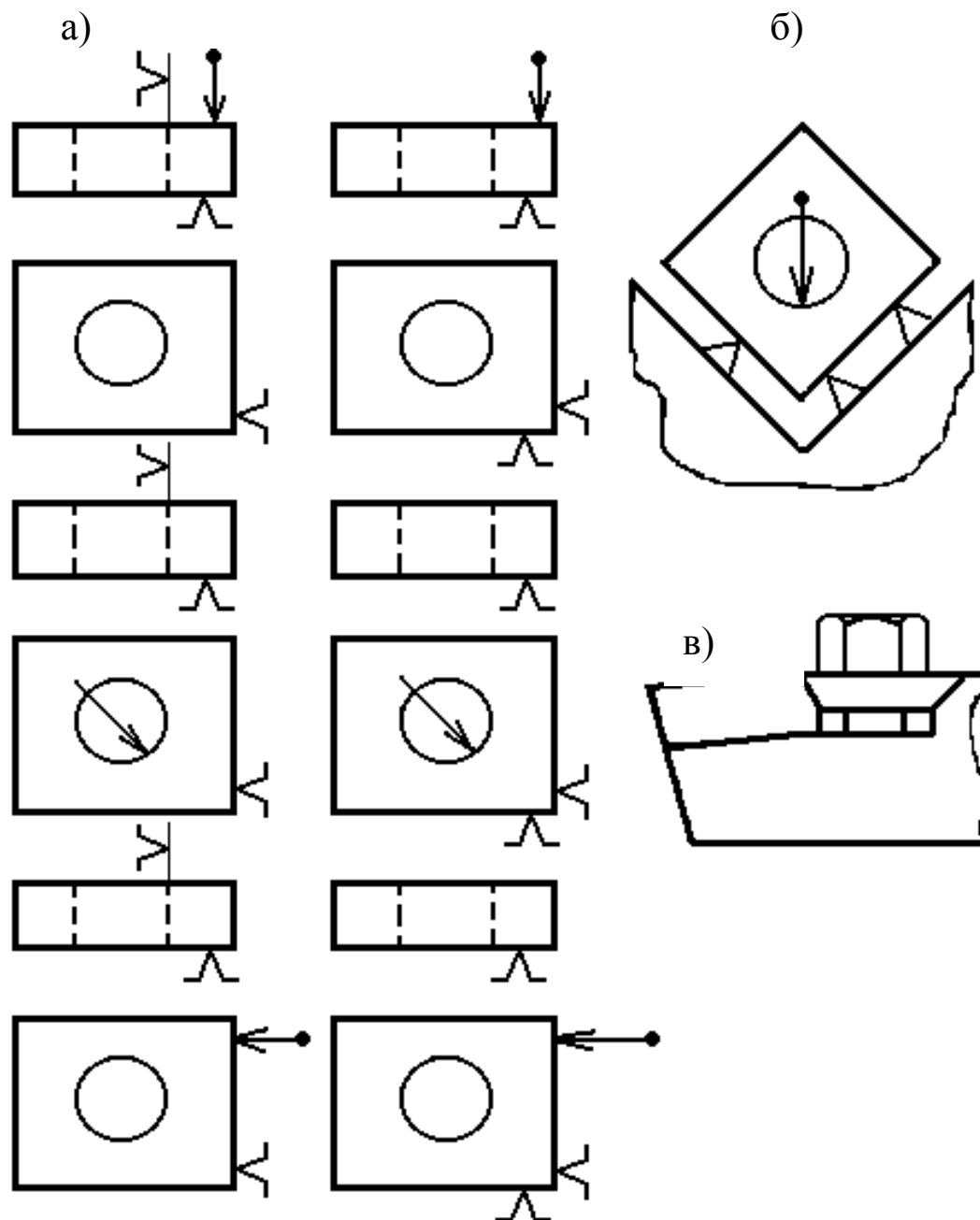


Рис. 7. Способы установки и зажима пластин:
а – классификация способов; б – способ 22; в – способ 13

Наиболее распространенными являются способы 13, 22, менее распространены – 11, 22; редко применяются – 12, 23 (рис. 8).

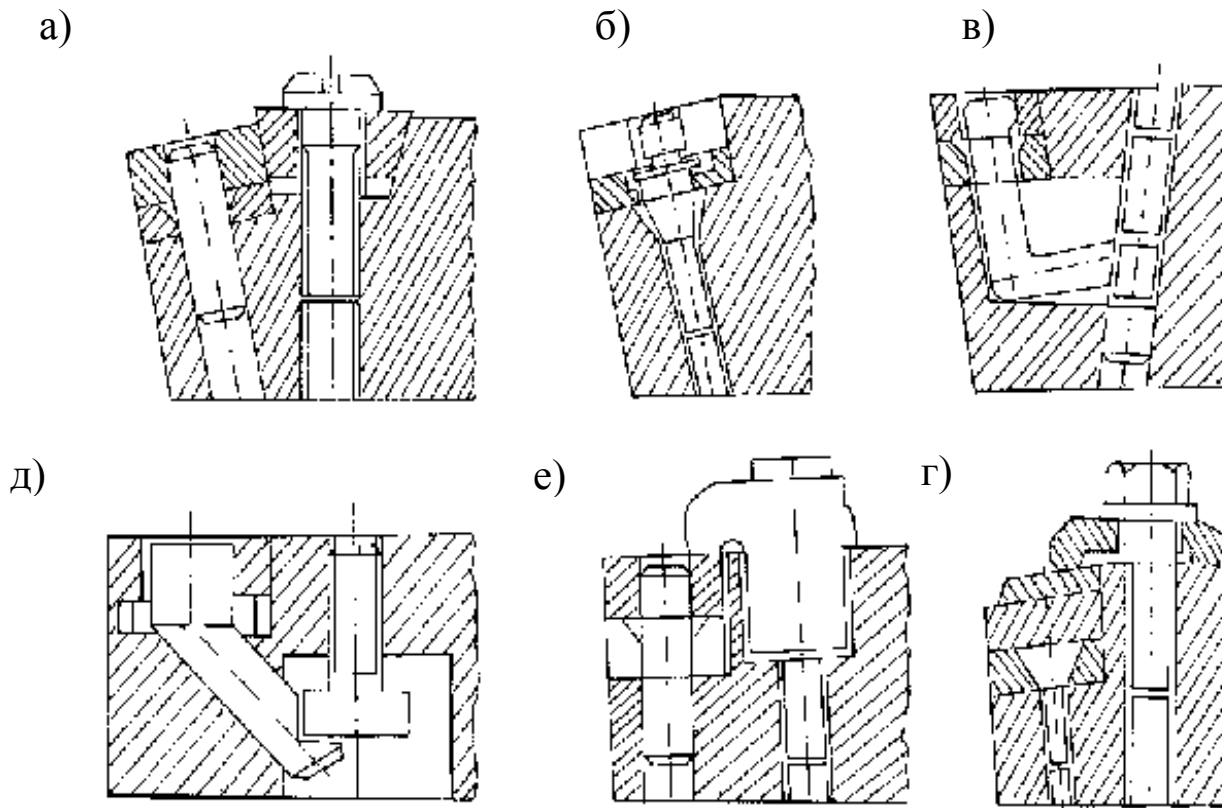


Рис. 8. Варианты установки и зажима пластины:
а – способ 13; б, в, г – способ 22; д – способ 11; е – способ 21

Система допусков на СМП (ГОСТ 19086-80) разработана для базирования пластин по боковым поверхностям (способ 22).

Способ 13 не обеспечивает точности выше 15-го качества при повороте пластин, поэтому рекомендован для черновой обработки, для чистовой – способ 22.

Режущую пластину нижней поверхностью устанавливают на опорные пластины, размеры которых регламентирует ГОСТ 19073-80 и ГОСТ 19083-80. Опорные пластины повышают точность установки режущей пластины и предохраняют гнездо державки от повреждения и разрушения. Опорные пластины крепят к державке путем припаивания, приклеивания и механическим способом.

При выборе способа установки и применения пластин учитывают вид обработки. При черновой обработке необходимо обеспечить надежность крепления, точность установки не играет решающей роли (рекомендуются способы а, е рис. 8).

При чистовой обработке силы резания небольшие важное значение имеет точность установки пластины (рекомендуются способы б, в, г, рис. 8).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. Определить тип резца.
3. Определить способ крепления режущей пластины.
4. Определить вариант установки пластины.
5. Определить тип пластины.
6. Измерить геометрические параметры резца (γ ; α ; α_1 ; λ ; ϕ ; ϕ_1).

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать эскиз резца, схему механического крепления пластины, эскиз многогранной сменной пластины, результаты измерения геометрических параметров.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите типы резцов с многогранными сменными пластинками.
2. Какие поверхности позволяют обрабатывать резцы проходные с $\phi = 95^\circ$ с ромбической пластиной с углом при вершине 80° ?
3. Какие втулки предназначены для крепления инструмента с конусами Морзе?
4. Из каких элементов состоит сборный токарный резец?
5. Перечислите способы крепления пластин к державке.

Лабораторная работа №3
ИЗУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ
ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС
С ЭВОЛЬВЕНТНЫМ ПРОФИЛЕМ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию червячной фрезы для нарезания цилиндрических зубчатых колес, научиться рассчитывать ее основные конструктивно-геометрические параметры, исследовать точность отдельных параметров инструмента.

2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОФИЛИРОВАНИЯ
ЧЕРВЯЧНО-МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Червяк, на основе которого профилируется червячная фреза, называется основным червяком. Так как эвольвентные зубчатые колеса теоретически правильно могут зацепляться с эвольвентным червяком, то профилирование червячно-модульных фрез должно производиться на основе эвольвентного червяка.

Режущие кромки 3 (рис. 1, а, б) червячной фрезы образуются пересечением передней поверхности 2 (стружечная канавка) с задними поверхностями зубьев 4. Задние поверхности 4 представляют собой винтовые затылованные поверхности. Переточка червячной фрезы при ее эксплуатации должна обеспечивать идентичность профиля и размеров зубьев, что возможно только при условии расположения режущих кромок, появляющихся при переточке, на поверхности основного червяка. При переточке из-за наличия задних углов режущие кромки 3 смещаются к оси фрезы (3').

Режущие кромки фрезы на основе эвольвентного червяка имеют криволинейный профиль. Радиальное затылование, применяемое в настоящее время при изготовлении червячных фрез, может обеспечить идентичность режущих кромок при переточке фрезы (расположение их на боковых поверхностях зубьев основного червяка) только при прямолинейных режущих кромках (рис. 1, в).

Для обеспечения при переточках постоянства профиля режущих кромок червячной фрезы на основе эвольвентного червяка, необходимо применять для боковых режущих кромок осевое затылование (рис. 1, в). Для этого потребовалось бы разработать специальные затыловочные станки, обычно отсутствующие на производстве. Кроме этого, для вершинных режущих кромок все равно пришлось бы применять радиальное затылование. Выполнение осевого затылования боковых режущих кромок червячной фрезы на основе эвольвентного червяка обеспечит при переточках только постоянство профиля зубьев и не обеспечит постоянства их размеров. Таким образом, применение червячной фрезы, спрофилированной на основе эвольвентного червяка, может обеспечить обработку зубьев колес точного профиля и размеров только до первой переточки. Поэтому на практике применяются червячно-модульные фрезы, спрофилированные по приближенным методам, но имеющие прямолинейный профиль в осевом или нормальном к виткам сечении: на основе архимедова или конволютного червяка. При переточках таких фрез профиль и размеры зубьев не изменяются.

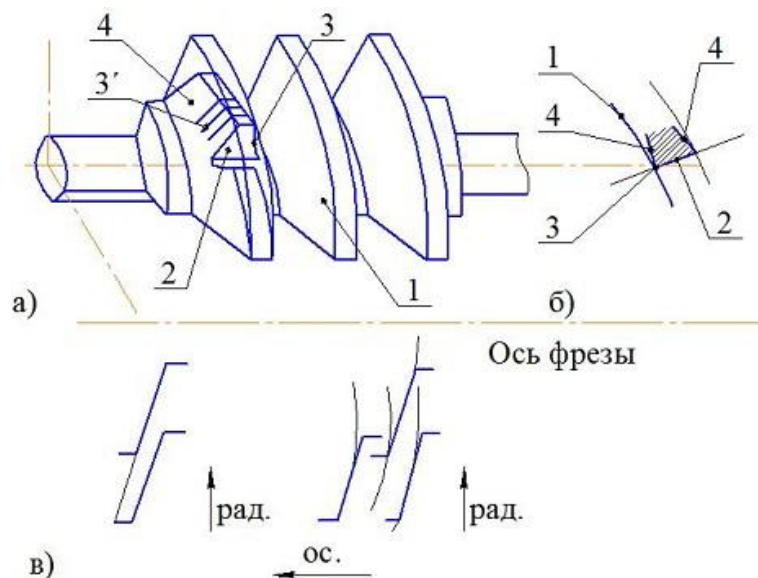


Рис. 1. Определение профиля зубьев червячной фрезы (а);
 образование задних поверхностей зубьев (б);
 направление затылования радиальное и осевое (в) [1]:
 1 – основной червяк, 2 – передняя поверхность,
 3, 3' – режущие кромки до и после переточки,
 4 – задние поверхности фрезы

2.1. Приближенные методы профилирования

Профилирование на основе архимедова червяка.

Для определения угла профиля в осевом сечении плоскостью основного архимедова червяка существуют четыре способа. В ГОСТ 9324-2015) на чистовые червячные фрезы использован первый метод определения профильного угла на основе угла профиля исходного контура зубчатой рейки:

$$\operatorname{ctg}\alpha_{oc} = \operatorname{ctg}\alpha \cos\omega_t, \quad (1)$$

где t_ω – угол наклона винтовой линии на делительном цилиндре.

Из-за радиального затылования при $0 \neq k \neq \omega$ углы профиля боковых сторон зубьев фрезы в проекции на ее осевую плоскость (рис. 2) определяются по формулам (для правозаходной фрезы):

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg}\alpha_{xR0} &= \operatorname{ctg}\alpha_{oc} - kz_0 / p_z, \\ \operatorname{ctg}\alpha_{xL0} &= \operatorname{ctg}\alpha_{oc} + kz_0 / p_z, \end{aligned} \quad (2)$$

где α_{xR0} , α_{xL0} – углы профиля боковых сторон зубьев фрезы в проекции на ее осевую плоскость, соответственно, с правой и левой сторон (если смотреть на переднюю поверхность, вершинная кромка должна быть сверху); k – падение затылка; Z_0 – число стружечных канавок; p_z – шаг винтовой линии стружечной канавки. Профиль зубьев в осевом сечении можно проконтролировать на специальных приборах (МИЗ, СИЗ) или на инструментальном микроскопе.

Причем контроль размеров зубьев на инструментальной микроскопе производится не осевом сечении фрезы, а в проекции режущих кромок на осевую плоскость. Величина проекции нормального шага P_{t0np} , толщина зуба S_{t0np} на осевую плоскость фрезы соответственно равны (рис. 2):

$$\begin{aligned} P_{t0np} &= P_{t0} \cos\omega_t, \\ S_{t0} &= S_{t0} \cos\omega_t, \end{aligned} \quad (3)$$

где P_{t0} – шаг зубьев фрезы в нормальном сечении на делительной прямой; S_{t0} – толщина зубьев фрезы в нормальном сечении на делительной прямой.

Профилирование на основе конволютного червяка.

При этом методе профилирования угол профиля зуба фрезы принимается равным углу профиля исходного контура зубчатой рейки, $\alpha_{w0} = \alpha$ либо скорректированным: $\alpha_{w0} = \alpha \pm \Delta\alpha$.

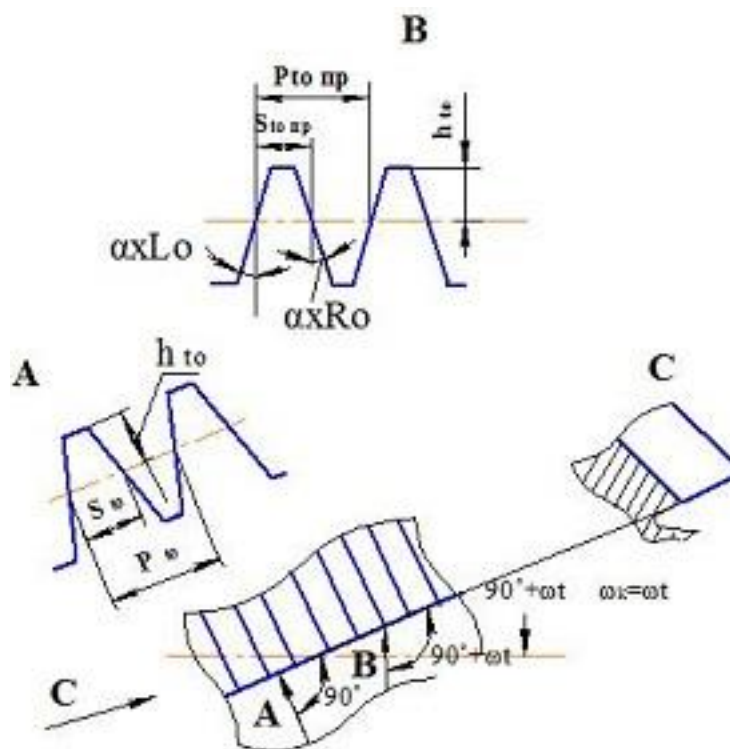


Рис. 2. Проекция зубчатой рейки фрезы на осевую (В) и нормальную (А) плоскость

Существенным недостатком профилирования на основе конволютного червяка является большие трудности контроля профиля зубьев по нормальному сечению. Для такого контроля чаще всего применяются шаблоны, что не может гарантировать точности контроля.

Сравнение методов профилирования.

При прочих равных условиях наименьшие погрешности профиля зубьев колес получаются при использовании фрез, спрофилированных на основе архимедова червяка. Однако по-

грешности профилирования на основе конволютного червяка также невелики и имеют лишь теоретическое значение.

Для чистовых червячных фрез более предпочтительным является профилирование на основе архимедова червяка, так как такие фрезы можно проконтролировать с большей степенью точности. К чистовым червячным фрезам среднего модуля относятся фрезы классов АА, А, В, С.

3. КОНТРОЛЬ И РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЫ

3.1. Определение модуля.

Угол наклона винтовой линии ωt можно приближенно измерить на инструментальном микроскопе или с помощью индикатора с подставкой на оптической делительной головке. Затем на инструментальном микроскопе, установив объектив под углом ωt , можно замерить P_{t0np} . По формуле (3) рассчитать P_{t0} , а затем используя формулу

$$P_{t0} = \pi m i, \quad (4)$$

где i – число заходов фрезы, определить с учетом стандартного значения модуль фрезы m .

3.2. Определение величины падения затылка K , среднего расчетного диаметра Dt , угла наклона винтовой линии ωt , шага стружечной канавки Pz .

По схеме (рис. 3) с использованием ОДГ или УДГ и подставки с индикатором выполнить замеры с целью определения падений затылка основного K и дополнительного K_1 затылования. Величину угла поворота фрезы вокруг оси ε_1 следует принимать равной $2/3$ угла, определяющего длину задней поверхности на первом (основном) и втором (дополнительном) затыловании. Затем необходимо произвести перерасчет падения затылка основного и дополнительного затылования на величину шагового угла $\varepsilon = 360/z_0$ и принять значения K и K_1 в соответствии со стандартными значениями (округляются до 0,5 мм или целого числа).

Задний угол α_b можно определить по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_b = k z_0 / \pi d_{a0}, \quad (5)$$

где k – падение затылка основного затылования; d_{a0} – наружный диаметр фрезы.

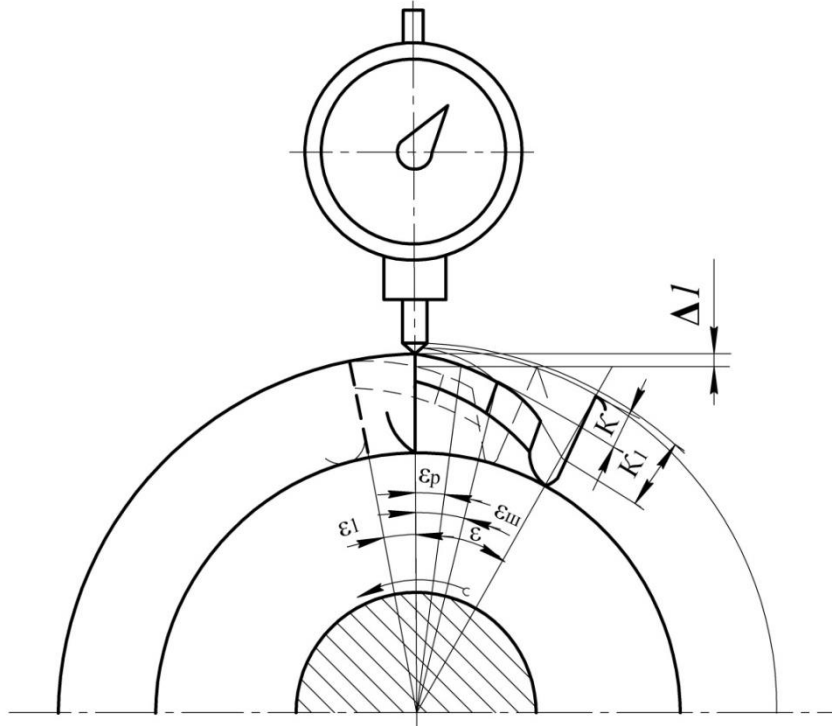


Рис. 3. Схема измерения падения затылка

Средний расчетный диаметр можно рассчитать по формуле

$$D_t = d_{a0} - 2h_{t0} - 2\sigma k, \quad (6)$$

где h_{t0} – высота головки зуба инструмента, $h_{t0} = 1,25m$, σ – коэффициент, указывающий на соотношение углов расчетного сечения ε_p и шагового угла ε : $\sigma = \varepsilon_p / \varepsilon$.

Угол наклона винтовой линии на среднем расчетном диаметре фрезы определяется по формуле

$$\sin \omega_t = m / D_t. \quad (7)$$

Для фрез с винтовыми канавками, перпендикулярными виткам фрезы, угол наклона винтовой линии канавки $\omega k = \omega t$. Для

таких фрез осевой шаг стружечной канавки определяется по формуле

$$P_Z = \pi D_t / \operatorname{tg} \omega_k. \quad (8)$$

Для фрез с прямыми канавками параллельными оси фрезы $P_Z = \infty$.

Указания к выполнению эскиза фрезы

Эскиз червячно-модульной фрезы выполнять по аналогии с изображенным на рис. 4.

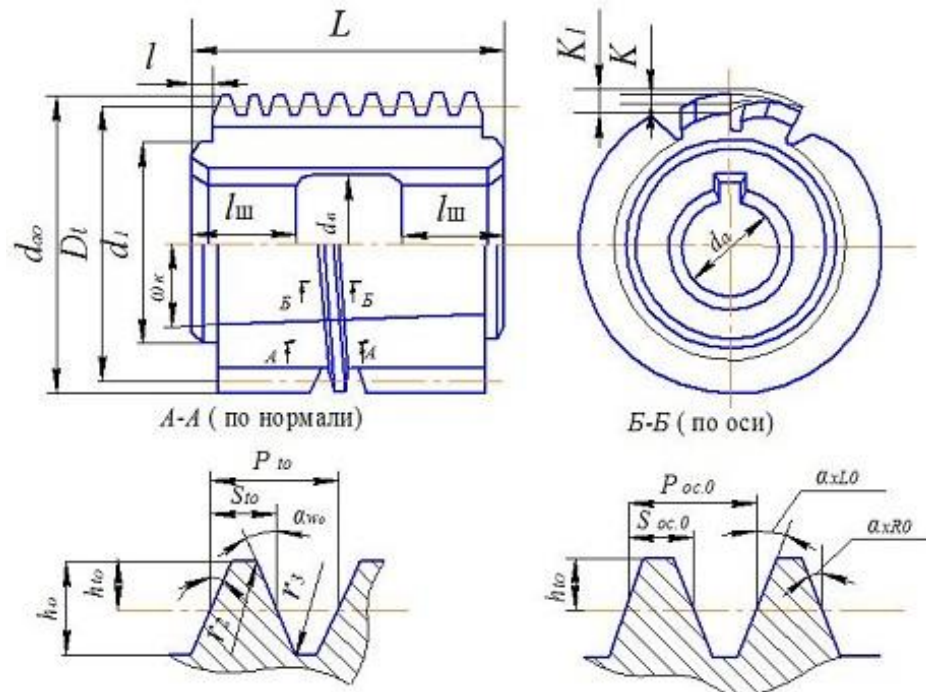


Рис. 4. Эскиз червячно-модульной фрезы

3.3. Определение углов профиля зуба фрезы.

Теоретические значения углов профиля боковых сторон зуба фрезы в проекции на ее осевую плоскость подсчитываются по формулам (1) и (2).

Действительные значения этих углов можно измерить на инструментальном микроскопе.

3.4. Исследование других параметров червячно-модульной фрезы.

Согласно ГОСТ 9324-2015 контроль точности червячных фрез рекомендуется производить по какой-либо одной из имеющихся трех групп проверок. Проверка проводится с целью определить, какому классу точности соответствует каждый из параметров фрезы. Рекомендуется исследовать отклонение диаметра посадочного отверстия f_d ; радиальное и торцовое биение буртиков f_y , f_t ; радиальное биение по вершинам зубьев frd_a ; отклонение профиля передней поверхности f_{γ} ; определить наибольшую разность соседних окружных шагов f_{uo} ; накопленную погрешность окружного шага стружечных канавок F_{po} .

Отклонение f_d можно определить с помощью оптиметра. Все остальные отклонения можно определить с помощью ОДГ и индикатора с подставкой. Допуски и предельные отклонения некоторых параметров червячных чистовых однозаходных фрез для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем и модулем 1–6 мм по ГОСТ 9324-2015 приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Допуски и предельные отклонения параметров червячных чистовых однозаходных фрез

Обозначение допусков и предельных отклонений	Класс точности фрезы	Допуски и предельные отклонения, мкм для модулей, мм		
		от 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6
f_d	АА	H5	H5	H5
	A	H5	H5	H5
	B	H6	H6	H6
	C	H6	H6	H6
f_y	АА	5	5	5
	A	10	10	12
	B	16	16	20
	C	25	25	32
f_t	АА	4	4	5
	A	6	6	8
	B	10	10	12
	C	16	16	10
	АА	16	16	20

Обозначение допусков и предельных отклонений	Класс точности фрезы	Допуски и предельные отклонения, мкм для модулей, мм		
		от 1 до 2	св. 2 до 3,5	св. 3,5 до 6
frd_a	A	20	25	32
	B	32	40	50
	C	50	63	80
f_γ	AA	12	16	20
	A	20	25	32
	B	32	40	50
	C	63	80	100
f_{uo}	AA	20	25	32
	A	32	40	50
	B	50	63	80
	C A	80	100	125
F_{po}	AA	25	32	40
	A	40	50	63
	B	63	80	10
	C	100	125	160

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить указания к настоящей работе.
2. Произвести контроль и расчет основных конструктивно-геометрических параметров и занести в отчет.
3. Выполнить эскиз червячно-модульной фрезы. Размеры и углы проставить в числовом выражении.
4. Выполнить расчет и измерение углов профиля, данные занести в протокол.
5. В соответствии с указаниями преподавателя произвести исследование точности других параметров червячно-модульной фрезы (см. п. 3.1, 3.2, 3.4) и сделать вывод о классе точности фрезы.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие причины заставляют отказаться от профилирования червячных модульных фрез на основе эвольвентного червяка?
2. Обкатку, каких исходных контуров имитирует нарезание зубчатых колес червячной фрезой?
3. Какие фрезы обеспечивают большую точность профиля зубьев нарезаемых колес: спрофилированные на основе архимедова или конволютного червяка?
4. В каком случае применяются многозаходные червячные фрезы?
5. Как выбирается и на что влияет угол наклона винтовой линии червячно-модульной фрезы?
6. Почему расчетное сечение не помещается на передней поверхности зуба новой червячно-модульной фрезы?
7. Почему для чистовых червячных фрез передний угол принимается, как правило, равным 0° ?
8. На что влияет количество стружечных канавок червячной фрезы?
9. Какое направление имеют стружечные канавки и почему?

Лабораторная работа № 4 **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАЗВЕРТОК**

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

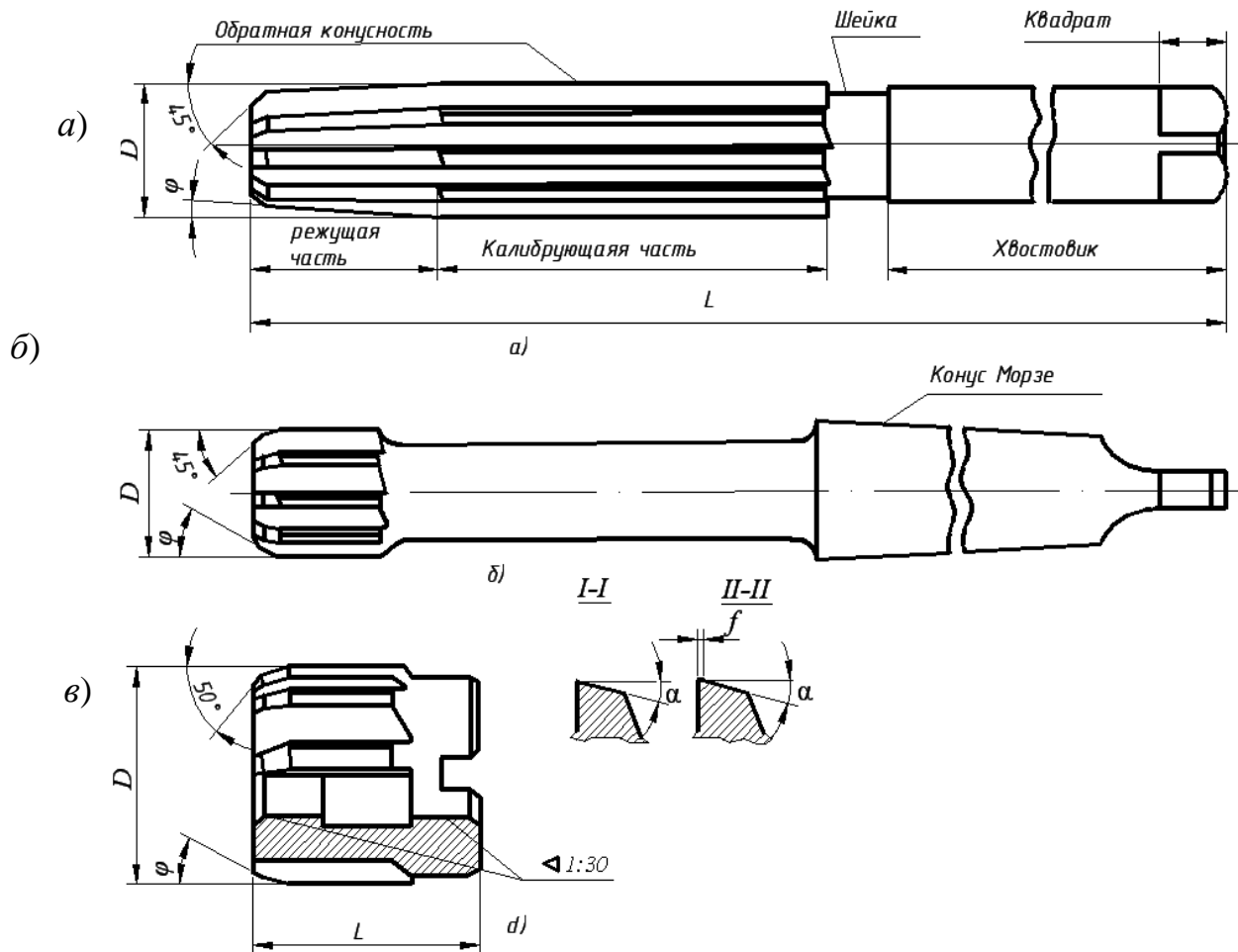
Цель работы – изучение конструктивных элементов и режущей части разверток

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Развертки (рис. 1) предназначены для чистовой обработки отверстий после сверления, зенкерования или растачивания и обеспечивают допуски Н6 – Н11 и параметры шероховатости поверхности $Ra = 2,5 \dots 0,16$ мм.

В зависимости от характера применения, формы обрабатываемого отверстия, способов закрепления, конструкции зубьев, регулирования на размер, вида режущего материала развертки разделяют на группы:

- 1) ручные с цилиндрическим хвостовиком;
- 2) машинные с цилиндрическим хвостовиком и насадные;
- 3) машинные с цилиндрическим хвостовиком и насадные со вставными зубьями;
- 4) ручные:
 - регулируемые: раздвижные (лепестковые), разжимные (с шариком);
 - цельные: с гладким направляющим диаметром, ступенчатые;
 - специальные: шкворневые;
- 5) машинные с напайными пластинками из твердого сплава, с хвостовиком и насадные;
- 6) машинные со вставными зубьями, оснащенными твердым сплавом;
- 7) конические: под конические штифты, под коническую резьбу, под конус Морзе, под метрический конус, с конусностью 1:30;
- 8) цилиндрические мелкогабаритные с утолщенным хвостовиком;
- 9) котельные.



На рисунке 1 представлены различные виды разверток.

Рис. 1. Развертки: *а* – ручная; *б* – машинная;
в – машинная насадная

Развертка имеет следующие части: направляющий конус, режущую и калибрующую часть, рабочую часть, шейку и хвостовик. Отличительной особенностью разверток является большее число зубьев (6–12), чем у зенкера (3–5).

Передний угол у разверток обычно $\gamma = 0^\circ$, а задний угол $\alpha = 6 \dots 10$. Главный угол в плане ϕ у машинных разверток выбирается в пределах от 5 до 45° , наиболее распространен $\phi = 15^\circ$, у ручных разверток $\phi = 1 \dots 1,5^\circ$. При изготовлении разверток окончательное формообразование режущих и калибрующих частей проводят заточкой по передней и задней поверхностям. В процессе резания развертка изнашивается по задней поверхности в месте перехода режущей части в калибрующую

(рис. 2). Допустимая величина износа у быстрорежущих разверток $\mu_z = 0,3 \dots 0,8$ мм, у твердосплавных разверток $\mu_z = 0,1 \dots 0,3$ мм.

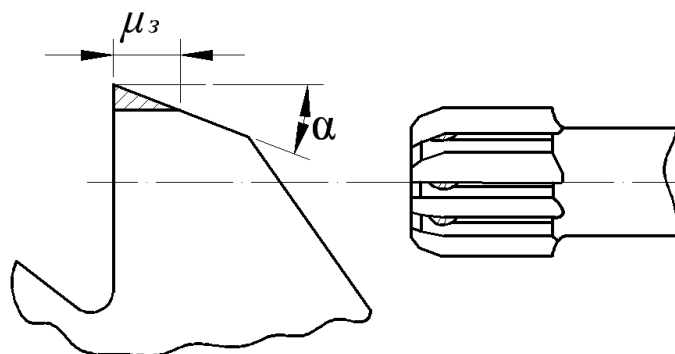


Рис. 2. Характер изнашивания разверток

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задания у преподавателя.
2. Измерить основные и геометрические параметры.
3. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты измерений конструктивных
и геометрических параметров развертки

№	D_0	D	L_p	L_k	L	$L_{ш}$	L_x	L_{pk}	a	ω	γ	α

4. Сделать эскиз развертки.

4. ОБОРУДОВАНИЕ

- 1 Набор разверток.
2. Штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер, масштабная линейка.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать тип развертки, описание ее назначения, результаты измерений, эскиз развертки.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Перечислите типы разверток.
2. Перечислите основные конструктивные элементы разверток.
3. Чему равен передний угол развертки?
4. По каким поверхностям изнашивается развертка?
5. Для чего предназначена калибрующая часть развертки?

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ

1.1. Цель и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы является освоение и углубление знаний, полученных студентами при изучении курса «Режущий инструмент», и приобретение практических навыков расчета и конструирования инструментов.

В соответствии с этой целью студенты должны овладеть современными методами проектирования металлорежущего инструмента на основе комплексного применения общинженерных и специальных знаний, привлечения современных средств разработки технических проблем, в том числе вычислительной техники. В процессе курсового проектирования необходимо критически осмыслить конструкцию известных инструментов, провести поиск новых технических решений путем углубленной проработки специальной литературы, использования журнальных статей отечественных и зарубежных изданий, материалов сборников и трудов научно-исследовательских и других институтов и проектных организаций, проведения патентного поиска. После анализа вариантов решений необходимо логически и расчетно обосновать принятый вариант конструкции металлорежущего инструмента.

1.2. Тематика курсовой работы

Курсовая работа включает проектирование трех различных инструментов, выбранных из следующего перечня:

- фасонный резец (прил. 1);
- протяжки внутренние (прил. 2);
- фрезы цельной или сборной конструкции;
- инструмент для автоматизированного производства с учетом требований ГАП (прил. 3);
- дисковые инструменты для обработки винтовой поверхности канавки деталей;
- резьбообразующий инструмент.

Из указанного перечня первые два инструмента проектируют все студенты, а третий инструмент задается из оставшихся.

1.3. Общий порядок проектирования металлорежущего инструмента

Исходными данными для проектирования инструмента являются параметры обрабатываемой детали, в частности материал, твердость, форма и размеры обрабатываемой поверхности, требования по точности и шероховатости, размеры поверхностей до обработки. Кроме этого, указываются объем производства деталей, применяемое оборудование, в ряде случаев задаются режим обработки, производительность и др.

Общий порядок проектирования инструмента заключается в следующем.

1. Определение вида инструмента, его конструктивного оформления и основных размеров.
2. Составление общей схемы расчета и его последовательности.
3. Выбор материала режущей части, типа конструкции (цельная, сборная) и основных размеров конструктивных элементов.
4. Геометрические, точностные, прочностные и прочие расчеты основных размеров режущей части, профиля режущих кромок, исполнительных размеров (диаметра посадочного отверстия и др.).
5. Определение остальных размеров.
6. Оформление рабочего чертежа инструмента и назначение технических требований.
7. Проверка обеспечения требований по точности обработки, производительности, экономичности и другим критериям.
8. Определение экономической скорости резания и стойкости инструмента с учетом требований к качеству обрабатываемой поверхности.
9. Технико-экономическая оценка разработанной конструкции.

При проектировании одного из инструментов должно быть проведено углубленное исследование литературных и патентно-

лицензионных источников. В обоснованных случаях, например при выполнении заданий исследовательского или поискового характера, возможно по согласованию с преподавателем сокращение или исключение некоторых этапов проектирования.

2. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Оформление расчетно-пояснительной записки

В состав пояснительной записки должны входить:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- содержание;
- введение;
- проектная часть (по каждому инструменту отдельно), включая расчеты, схемы, программы и результаты расчетов на ЭВМ, определение технико-экономических показателей, карту технического уровня, патентный формуляр и др.;
- список использованной литературы и стандартов.

Расчеты, помещаемые в тексте, выполняются в системе СИ (ГОСТ 8.417-2024) или в единицах, допущенных к применению наряду с единицами СИ.

2.2. Оформление графической части проекта

Графическая часть проекта выполняется на четырех листах формата А1 согласно стандартам и ЕСТД С ГОСТ Р 2.102-2023, ГОСТ 2.120-2013.

Рабочий чертеж инструмента должен содержать достаточное количество проекций, размеров с допусками и сечений, необходимых для его изготовления. На чертеже должны быть указаны технические требования в соответствии с ГОСТами.

Если конструкция инструмента содержит несколько деталей, то в записке должна быть приведена спецификация деталей.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТА

3.1. Выбор инструментального материала

Правильный выбор режущего материала оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели работы инструмента. Выбор материала режущей части производится в зависимости от материала детали, назначения, размеров, условий работы и технологии изготовления.

Углеродистые инструментальные стали ГОСТ 1435-99 применяются в основном для изготовления ручного инструмента.

Легированные инструментальные стали ГОСТ 5950-2000 применяют для изготовления тонкого и длинного стержневого инструмента (ХВГ, ХВСГ) и плашек (ХВ5, 9ХС).

Быстрорежущие стали (ГОСТ 19265-73) нормальной производительности (Р6М5, Р12, Р9) применяются для изготовления всех видов инструментов, особенно чистовых и имеющих сложный профиль, предназначенных для обработки конструкционных сталей, а также для условий крупносерийного и массового производства.

Быстрорежущие стали повышенной производительности применяются при обработке труднообрабатываемых материалов.

Твердые сплавы (ГОСТ 3882-74 и ГОСТ 4872-75) применяют в зависимости от обрабатываемого материала:

- вольфрамовые (ВК) – для обработки хрупких материалов (чугун, бронза и т. п.);
- титано-вольфрамовые – для обработки материалов, дающих сливную стружку (сталь и т. п.);
- титано-тантало-вольфрамовые – для обработки труднообрабатываемых материалов (жаростойкие, нержавеющие стали);
- безвольфрамовые (ТН-20, 1Н-2Б, 1Н-30, КНТ-16) близки по свойствам сплавам Т15К6, Т39К4 и применяются для тех же условий.

В зависимости от условий обработки следует применять:

- для чистовой и получистовой обработки сплавы с меньшим содержанием металлического кобальта (ВК3, Т30Н4);

– для черновой обработки и при динамических нагрузках сплавы с большим содержанием металлического кобальта.

Сплавы с особомелкозернистой структурой (в обозначении добавляется – ОМ) следует применять для обработки труднообрабатываемых материалов.

Формы и условные обозначения твердосплавных пластин, предназначенных для пайки, их конструкции, размеры и области применения установлены ГОСТ 2209-90 , ГОСТ 17163-90, ГОСТ 20312-90 , ГОСТ 25395-90, ГОСТ 25396-90 , ГОСТ 25398-90, а механически закрепляемых пластин – ГОСТ 19042-80, ГОСТ 19086-80.

Минералокерамику оксидную (ЦМ-332) и оксидно-карбидную (ВЗ, ВОК-60, ВОК-63 и др.) применяют для чистовой обработки, когда сплавы невыгодно применять из-за быстрой изнашиваемости.

3.2. Выбор геометрических параметров инструмента

Правильный выбор геометрических параметров оказывает существенное влияние на производительность обработки, общую и размерную стойкость, шероховатость, процесс стружкообразования и т. п.

Рекомендуемые геометрические параметры в зависимости от обрабатываемого материала режущей части инструмента и условий обработки выбираются для конкретного типа инструмента по [2].

Необходимо учитывать, что в справочной литературе обычно приводятся статические значения углов. Кинематические углы, характеризующиеся относительным движением инструмента и детали, отличаются от статических и при необходимости определяются расчетом.

При проектировании твердосплавного инструмента необходимо правильно выбирать форму передней поверхности, обеспечивающую не только хорошее стружкообразование, но и ее дробление.

3.3. Прочностные расчеты инструментов

Расчету на прочность следует подвергать режущий клин, расчету на прочность и жесткость – корпус и оправку инструмента [2].

Крепежная часть инструмента гораздо прочнее его корпуса и режущего клина, поэтому ее выбирают из конструктивных соображений. Однако у многих инструментов на прочность и контактные напряжения следует проверить элементы, передающие крутящий момент от станка к инструменту [1].

3.4. Методы крепления инструментов и их зубьев

Концевые инструменты крепятся с помощью цилиндрических (ГОСТ 9523-84) или конических ГОСТ 25557-2016) хвостовиков, выполняемых в виде конусов Морзе или метрических конусов. Момент резания в этих случаях передается за счет трения.

Насадные инструменты крепятся на цилиндрической или конической оправке. Ряд диаметров цилиндрических отверстий стандартизован ГОСТ 31.1066.03-97.

Точные инструменты (насадные зенкеры и развертки) крепятся на конической оправке с конусностью 1:30. Для передачи крутящего момента инструмент снабжен продольной или толевой шпонкой.

Хвостовики инструментов с конусностью 7:24 для станков с ЧПУ стандартизованы по ГОСТ 25827-2014.

В настоящее время большинство инструментов общего назначения делают составными, что позволяет получать значительную экономию дорогостоящих инструментальных материалов. Соединение зубьев или режущей части в целом с державкой или корпусом производится сваркой, напайкой, приклеиванием, зачеканкой и др.

Большое распространение получило механическое крепление режущей части в основном за счет рифлений, втулок, штифтов, клиньев и т. д.

3.5. Разработка технических требований к металлорежущему инструменту

На чертеже инструмента должны быть приведены все точностные характеристики и технические требования к готовому инструменту с указанием материала, требуемой твердости, дополнительной химико-термической обработки, содержания маркировки и др. Форма изложения их должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 2.316-2023.

Точностные характеристики и технические требования к готовому инструменту приводятся в ГОСТах на соответствующие типы инструментов. Для нестандартных инструментов технические требования исходят из условий и по аналогии со сходными стандартными инструментами.

3.6. Вопросы применения САПР металлорежущих инструментов

Проектируемые в процессе выполнения курсовой работы инструменты отличаются сложностью и многоэтапностью расчетов. Применение ЭВМ для решения задач проектирования основано на использовании специальных программных комплексов – систем автоматизации проектирования (САПР), которые включают пакеты программ, созданных на кафедре металлорежущих станков и инструментов для расчета ряда сложных инструментов. В основу большинства программ положен диалоговый режим работы с ЭВМ, в процессе которого производится ввод запрашиваемых на экране дисплея исходных данных, расчет промежуточных результатов, вывод на экран необходимых табличных данных, возможность ввода выбранных из таблиц величин, оценка различных вариантов конструкции инструмента и выбор наилучших. При расчете протяжек различных типов предусмотрен поиск оптимальных параметров режущей части протяжек, ввод «ручного» решения и сравнение его с машинными. В ряде случаев предусмотрена самостоятельная подготовка студентами программ расчета инструментов, отладка программ и расчет по ним с последующим анализом полученных результатов.

3.7. Особенности проектирования инструментов для автоматизированного производства

Рациональная эксплуатация металлорежущих инструментов обеспечивается выполнением ряда требований, предъявляемых к материалу и конструкции режущего инструмента. Конструкция инструмента в наиболее полном виде, присущем условиям автоматизированного производства, включает рабочую часть, корпусную (державочную) часть, крепежно-присоединительную часть, механизм и элементы крепления рабочей части к корпусной, механизм и элементы регулирования положения рабочей части и др. Каждая из этих частей должна соответствовать определенным требованиям.

Рабочая часть, состоящая из режущей и калибрующей части, должна обеспечивать деформацию срезаемого слоя при наименьших энергетических затратах, сход стружки, ее завивание или ломание, временное размещение стружки в стружечных канавках, а также высокую стойкость и рациональное число переточек.

Корпусная часть объединяет все части инструмента и должна быть долговечной, иметь высокую жесткость при наименьшей материалоемкости.

Крепежно-присоединительная часть обеспечивает надежное, с достаточной жесткостью, соединение инструмента с металлорежущим оборудованием. Для условий автоматизированного производства необходимо также обеспечивать идентичность установки инструментов в процессе их замены и быстроту этой замены.

Механизмы и элементы регулирования рабочей части должны быть простыми и удобными в работе, обеспечивать после заточки и регулировки надежное возвращение режущих лезвий в требуемое пространственное положение как в осевом, так и в радиальном направлении.

Механизмы и элементы закрепления рабочей части должны в условиях автоматизированного производства отличаться повышенной надежностью и быстротой действия.

Рассмотрение условий эксплуатации, а также функциональных зависимостей производительности и качества обработки поз-

воляет сформулировать следующие требования к инструментам автоматизированного производства.

1. Высокие эксплуатационные качества материалов режущей части (твердость, красностойкость, прочность, износостойкость, технологичность механической обработки и заточки и др.). Особое внимание следует уделять использованию режущей части с покрытиями из карбида и нитрида вольфрама и титана, выполненной из сверхтвердых поликристаллических материалов (композитов, балласа, карбонадо) и режущей керамики.

2. Соответствие конструкций инструмента требуемому качеству, точности и форме обрабатываемой детали при высокой производительности обработки:

- универсальность для обработки разных поверхностей без смены инструмента на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах;

- надежное и точное крепление инструмента на станке. Размеры и допуски посадочных поверхностей режущего и вспомогательного инструмента следует определять исходя из требуемой точности позиционирования инструмента;

- быстросменность;

- возможность настройки вне станка.

3. Стабильность и соблюдение геометрических размерных параметров:

- доводка режущих лезвий;

- взаимозаменяемость режущего инструмента;

- высокие требования к биению режущих кромок многолезвийного инструмента.

4. Высокая надежность и стабильность работы в заданном интервале времени:

- 100 % контроль с целью предупреждения скрытого брака;

- гарантированная стойкость инструмента;

- стабильность формирования стружки, не мешающей работе автоматического оборудования.

Предпочтение при проектировании инструмента автоматизированного производства следует отдавать разработке инструментов со сменными многогранными твердосплавными пластинками специальных головок для одновременной многоинструмен-

тальной обработки, комбинированных инструментов, специальных зубо- и резьбообрабатывающих инструментов.

Актуальной остается разработка вспомогательных инструментов и устройств, предназначенных для облегчения условий рациональной эксплуатации режущего инструмента. К таким устройствам относятся приспособления для диагностики состояния инструмента (сигнализирующее о предельном износе, поломках режущего инструмента, достижении сил резания определенного уровня и др.), приспособления для проверки качества предыдущей обработки, приспособления для удаления инструмента из глухих отверстий, для настройки на размер вне станка и для поднастройки на размер в процессе обработки, инструментальных магазинов различных типов и т. д.

4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Под конструированием понимают определение формы рабочей части инструмента с учетом наивыгоднейших условий резания; назначение наиболее целесообразного материала режущей части; составление рабочего чертежа инструмента с указанием всех размеров как рабочей, так и присоединительной части инструмента.

Размеры инструментов получают расчетом или выбирают конструктивно.

На чертеже должны быть приведены технические требования, которым должен удовлетворять инструмент, указаны допуски на размеры, шероховатость поверхностей, необходимая твердость рабочей и присоединительной части и т. д.

4.1. Проектирование фасонного резца

Рассчитать и сконструировать фасонный резец (круглый или призматический) для изготовления детали, выбранной в соответствии с заданием.

Последовательность проектирования фасонного резца следующая. Применительно к заданному материалу и глубине профиля обрабатываемой детали выбрать геометрические и кон-

структивные параметры резца. Провести аналитический расчет профиля резца. Если заданная деталь имеет участок профиля, очерченный радиусом окружности или конический, участок, на этой части необходимо принять для расчета 3...5 дополнительных точек. Аналитический расчет профиля резца рекомендуется произвести на ЭВМ по программе, разработанной на кафедре металлорежущих станков и инструментов (МСИИ) Кузбасского государственного технического университета, которая находится на кафедре МСИИ.

Выполнить на листе формата А2 графическое профилирование. Чертеж обрабатываемой детали выполнить в масштабе, не меньшем чем М10:1. На листе помимо графического профилирования указать схемы определения заднего и переднего углов в промежуточных точках. Значения углов представить в виде табл. 1.

Таблица 1

Значения задних α и передних γ углов фасонного резца

Значение задних и передних углов	Номера узловых точек						
	1	2	3	4	5	i
α_i							
γ_i							

Вычертить на листе формата А3 рабочий чертеж резца. На чертеже профиля резца, выполненного в большем масштабе, необходимо указать диаметры резца (для круглого), а также высоты профиля от какой-либо базовой линии или точки профиля (для призматического). За базовую линию рекомендуется принимать участок резца, обрабатывающий участок детали с наименьшими допусками. При выполнении рабочего чертежа фасонного резца необходимо предусматривать дополнительные режущие кромки – увеличение длины резца по сравнению с длиной изделия, притупление нережущих острых кромок.

Вычертить на листе формата А3 рабочие чертежи контр-шаблона и шаблона для контроля фасонного резца. Сконструировать державку для закрепления фасонного резца (описание и необходимые иллюстрации привести в записке).

4.2. Проектирование протяжки

Определить размеры отверстия под протягивание. Метод получения предварительного отверстия выбирается самостоятельно. Рассчитать диаметра последнего режущего и калибрующих зубьев протяжки. Определить в зависимости от обрабатываемого материала группу заточки, форму передней грани и величину переднего и заднего углов. Предварительно, в зависимости от диаметра предварительного отверстия, принять форму и размеры хвостовика по ГОСТ 4044-70. В ходе дальнейшего расчета рекомендуется уточнить диаметр хвостовика в зависимости от результатов расчета хвостовика на прочность. Выбирать материал протяжки с учетом рекомендации раздела 3.

После определения подъема на зуб и шага зубьев рассчитываются остальные конструктивные параметры протяжки – переднее и заднее направление, профиль режущих, переходных, чистовых и калибрующих зубьев, длина протяжки и т. д. Для комплектных протяжек припуск разбивается на несколько частей в соответствии с рекомендациями, приведенными в [2]. Расчет ведется полностью на последнюю протяжку, вычерчивается также последняя протяжка из комплекта. Расчет может быть выполнен на ЭВМ.

Вычертить на листе формата А1 рабочий чертеж с указанием всех рабочих размеров и допусков, сечений режущих и калибрующих зубьев, таблицу размеров, технических требований к протяжке. На листе также указать схемы резания и чертеж обрабатываемого отверстия.

4.3. Проектирование инструмента общего назначения

При проектировании инструмента общего назначения необходимо в обязательном порядке выполнить патентный поиск на глубину до 5 лет. Поиск производить по фондам библиотеки

КузГТУ. Выбранные студентом технические решения согласовываются с руководителем курсовой работы и используются при проектировании инструмента. Проектирование инструмента необходимо провести в соответствии с общим порядком проектирования, представленным в п. 1.3 данных указаний.

1. ФАСОННЫЙ РЕЗЕЦ

Рассчитать и сконструировать фасонный резец для обработки наружной поверхности детали. Направление резца радиальное. Исходные данные для расчета: тип станка, эскиз детали, материал детали в состоянии поставки, тип фасонного резца. Точность диаметральных размеров по h 12, линейных по h 14.

1.1. Станок: токарный автомат
Размер R принять конструктивно

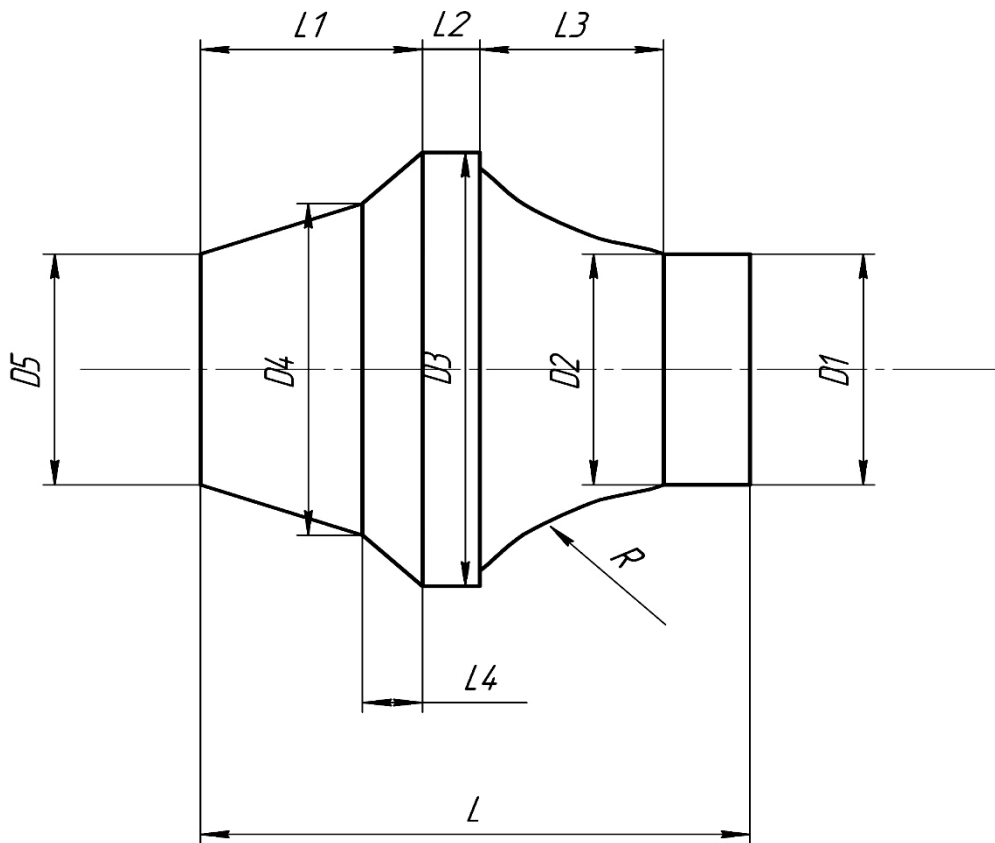


Таблица 1

Вариант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	L	Материал детали	Тип резца
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	10	14	20	17	15	10	3	10	2	28	Алюминий	Д
2	20	28	36	30	25	15	5	14	2	40	Латунь	П
3	16	22	30	26	21	14	4	13	2	36	Сталь 35	Д
4	20	32	38	32	26	15	6	14	2	40	Сталь 20	П
5	22	28	37	30	28	15	5	14	2	40	Сталь 40Х	Д
6	16	24	32	28	22	14	4	13	2	36	Латунь	П
7	8	14	20	17	13	10	3	9	3	27	Сталь 20	Д
8	14	19	24	21	18	12	3	10	3	31	Алюминий	Д
9	15	23	31	25	21	12	4	9	3	31	Сталь 35	П
10	17	22	30	25	22	10	3	8	4	28	Сталь 20	П
11	15	22	30	26	21	14	5	12	3	35	Сталь 40	Д
12	18	24	32	27	24	14	5	12	3	35	Сталь 40	П
13	19	26	33	29	25	15	4	14	2	40	Латунь	Д
14	19	28	37	30	26	14	6	13	3	40	Алюминий	П
15	17	25	34	27	23	14	6	11	3	41	Сталь 20	Д
16	16	22	29	26	23	14	5	8	3	31	Сталь 35	Д
17	9	14	20	17	14	12	5	8	3	30	Сталь 50	П
18	15	23	31	26	21	14	5	10	3	33	Алюминий	Д
19	17	23	32	27	23	15	6	8	4	34	Сталь 50	П

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	8	15	21	18	14	15	5	9	4	35	Сталь 20	Д
21	9	14	20	17	15	10	4	9	3	37	Сталь 40	П
22	18	28	36	30	25	15	6	13	3	40	Сталь 35	Д
23	14	22	30	26	21	15	5	11	3	40	Сталь 50	П
24	19	32	38	33	26	14	6	13	3	39	Сталь 20	Д
25	21	28	37	30	27	14	6	13	3	41	Алюминий	П
26	15	24	33	28	22	15	4	12	4	37	Сталь 40Х	Д
27	7	14	20	17	13	11	3	8	4	26	Сталь 20	П
28	16	19	25	22	19	13	4	10	3	30	Латунь	Д
29	14	21	31	27	20	13	4	9	4	30	Сталь 35	П
30	14	22	30	25	20	11	3	10	3	28	Алюминий	Д
31	19	24	32	28	25	14	5	13	4	36	Сталь 20	П
32	17	24	33	28	23	15	5	14	3	40	Сталь 40Х	Д
33	20	28	37	31	27	14	6	14	4	40	Сталь 10	П
34	16	25	35	27	23	15	4	12	3	39	Сталь 20	Д
35	10	15	22	18	16	9	4	11	3	28	Сталь 40	П
36	12	16	23	19	15	8	3	10	3	30	Сталь 40	Д

1.2. Станок токарно-револьверный

Размеры

$$r = \frac{d4 - d3}{2} \quad d5 = d3$$

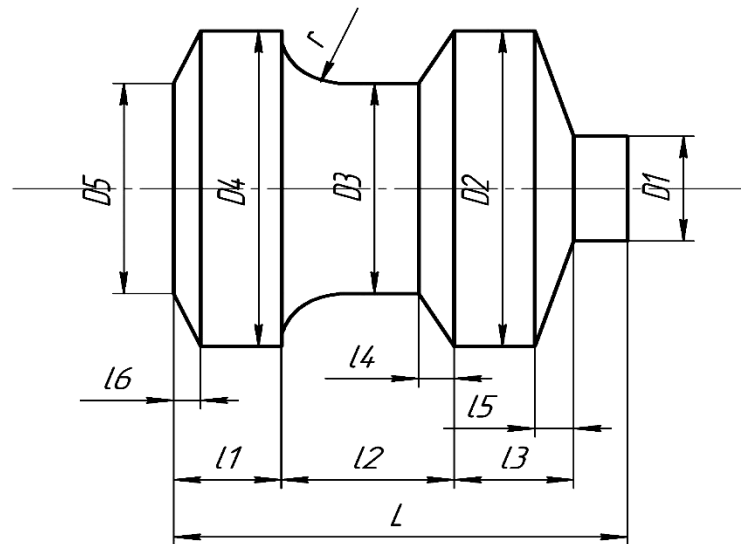


Таблица 2

Ва- ри- ант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	$l5$	L	Материал детали	Тип рез- ца
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
38	18	29	23	33	10	13	11	3	2	40	Сталь 35	П
39	12	25	19	27	12	12	10	3	3	40	Сталь 20	Д
40	14	25	20	30	10	12	11	3	2	38	Сталь 40	П
41	12	25	19	27	8	11	12	4	4	36	Сталь 50	П
42	11	21	15	25	8	10	10	2	3	33	Алюминий	Д
43	14	24	19	31	10	11	10	3	2	36	Сталь 20	П
44	12	20	15	22	8	11	12	3	3	35	Сталь 40	Д
45	20	30	23	34	10	13	11	3	3	40	Сталь 50	П
46	14	9	19	32	10	13	11	4	4	40	Сталь 20	Д
47	16	27	20	31	10	12	11	3	2	39	Алюминий	П
48	24	37	27	39	11	13	10	4	3	40	Сталь 50	Д
49	14	23	19	32	10	11	10	3	4	37	Сталь 20	Д
50	15	27	20	31	10	13	11	4	3	39	Сталь 40	П
51	15	22	17	27	8	15	10	5	4	38	Сталь 20	Д

1.2. Станок токарно-револьверный

Размеры

$$r = \frac{d4 - d3}{2} \quad d5 = d3$$

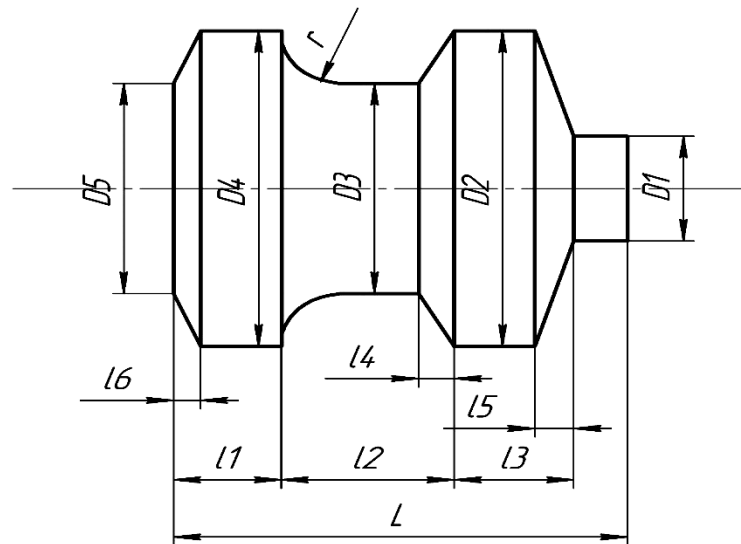


Таблица 2

Ва- ри- ант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	$l5$	L	Материал детали	Тип рез- ца
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
38	18	29	23	33	10	13	11	3	2	40	Сталь 35	П
39	12	25	19	27	12	12	10	3	3	40	Сталь 20	Д
40	14	25	20	30	10	12	11	3	2	38	Сталь 40	П
41	12	25	19	27	8	11	12	4	4	36	Сталь 50	П
42	11	21	15	25	8	10	10	2	3	33	Алюминий	Д
43	14	24	19	31	10	11	10	3	2	36	Сталь 20	П
44	12	20	15	22	8	11	12	3	3	35	Сталь 40	Д
45	20	30	23	34	10	13	11	3	3	40	Сталь 50	П
46	14	9	19	32	10	13	11	4	4	40	Сталь 20	Д
47	16	27	20	31	10	12	11	3	2	39	Алюминий	П
48	24	37	27	39	11	13	10	4	3	40	Сталь 50	Д
49	14	23	19	32	10	11	10	3	4	37	Сталь 20	Д
50	15	27	20	31	10	13	11	4	3	39	Сталь 40	П
51	15	22	17	27	8	15	10	5	4	38	Сталь 20	Д

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
52	13	23	19	32	10	11	12	4	4	36	Сталь 40Х	П
53	14	22	17	27	11	10	11	4	3	36	Сталь Ст3	Д
54	14	27	21	30	11	10	12	4	4	37	Сталь 10	П
55	10	21	16	23	10	9	9	3	4	32	Сталь 20	Д
56	16	31	25	39	10	11	9	4	4	32	Сталь 40	П
57	10	16	22	27	10	10	7	5	5	30	Сталь 40Х СтальР6М	Д
58	8	11	18	20	5	11	10	5	5	30	5	П
59	11	16	23	26	8	12	8	4	6	31	Сталь Р18	Д
60	9	14	22	25	5	12	8	4	7	31	Сталь ХВГ	П
61	16	21	33	35	8	10	11	8	8	42	Сталь У9А	Д
62	19	23	36	37	4	16	11	8	10	42	Сталь 10	П
63	17	21	34	35	10	10	11	8	10	45	Алюминий	Д
64	7	11	18	20	5	11	6	3	4	27	Латунь	П
65	11	14	22	26	3	11	8	5	6	28	Сталь 20	Д

1.3. Станок токарно-револьверный

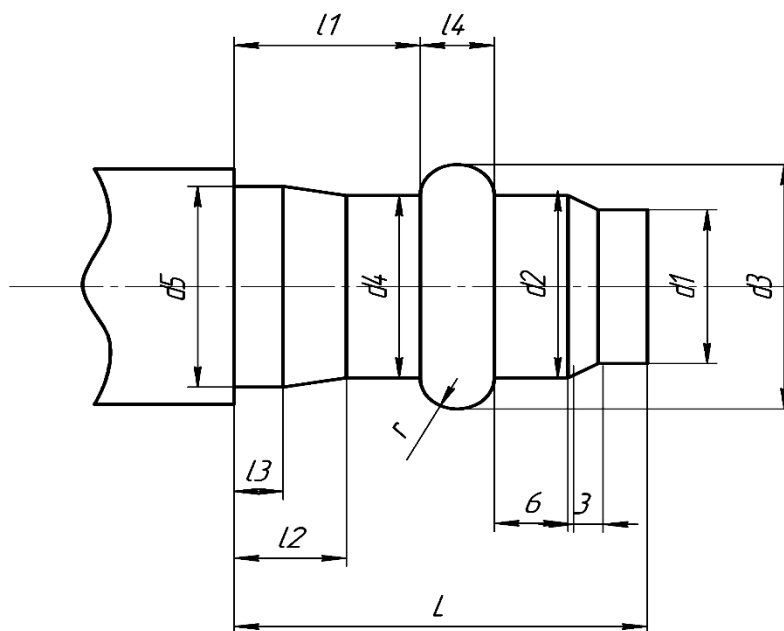
Размеры $r = 2l_4$, $d_4 = d_2$ 

Таблица 3

Вари- ант	$d1$	$d2$	$d3$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	L	Материал детали	Тип рез- ца
66	18	23	36	36	21	12	5	11	46	Сталь 20	Д
67	15	20	35	34	17	11	3	10	44	Сталь 20	П
68	10	14	22	25	11	6	4	5	30	Сталь 50	Д
69	15	21	32	34	16	10	4	7	42	Сталь 20	Д
70	17	22	36	37	19	11	7	11	45	Сталь 35	П
71	12	15	25	27	14	8	4	8	34	Алюми- ний	П
72	10	14	22	28	13	8	3	8	36	Сталь 20	Д
73	15	21	33	35	16	6	2	8	42	Сталь 35	П
74	19	25	38	40	18	10	4	10	42	Сталь 50	П
75	9	15	24	26	12	8	3	7	10	Сталь 40	Д
76	9	11	18	20	10	7	2	6	27	Сталь 20	П
77	18	25	35	36	20	11	7	11	45	Сталь 20	Д
78	16	22	36	37	18	12	4	11	46	Сталь 50	П
79	8	12	20	23	10	4	2	5	30	Сталь 35	Д
80	13	20	30	34	14	10	3	7	40	Сталь 40	Д
81	18	20	34	35	20	13	5	13	44	Сталь 40X	Д
82	11	14	25	28	14	8	4	8	34	Алюми- ний	П
83	10	15	20	30	15	8	5	9	38	Сталь 20	Д
84	16	22	37	38	16	10	5	8	42	Сталь 35	П
85	17	25	35	40	18	10	5	11	43	Сталь 50	П
86	9	15	25	27	14	8	5	7	35	Сталь 40	Д
87	9	12	20	22	11	7	3	6	28	Сталь 20	П
88	20	24	33	34	20	10	7	10	46	Сталь 40X	П
89	18	25	36	37	18	11	5	10	50	Сталь 50	Д

1.4. Станок-автомат

Размеры $R1 = 0,5l4$, $l4 = 10\text{ мм}$, $d4 = d3$

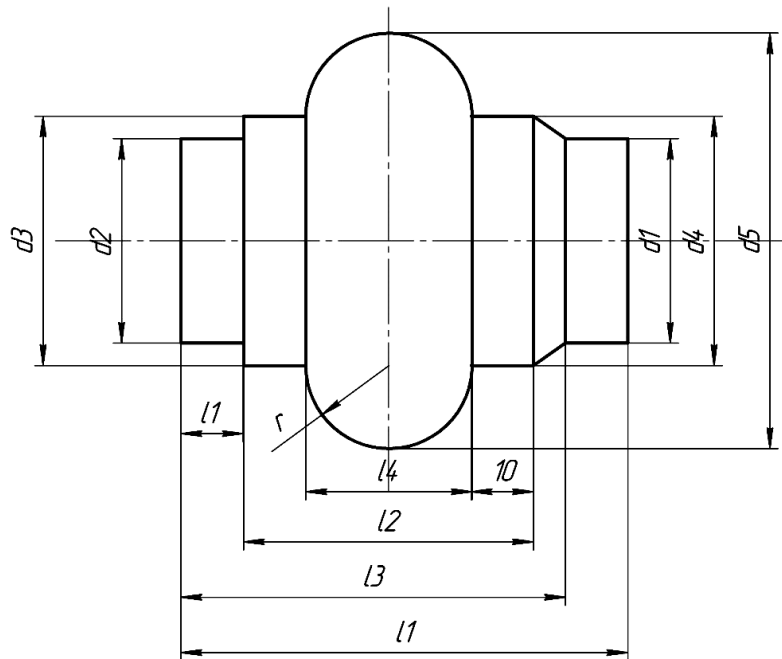


Таблица 4

Вари- ант	$d1$	$d2$	$d3$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	L	Материал деталей	Тип рез- ца
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
90	13	15	40	48	13	38	71	85	Сталь 20	П
91	36	38	45	60	12	70	92	100	Сталь 40ХН	Д
92	18	23	36	41	2	68	72	75	Сталь 40Х	Д
93	15	20	34	40	3	66	72	76	Сталь 40	Д
94	10	14	22	28	4	64	72	77	Сталь 20	П
95	15	21	32	40	5	63	72	78	Сталь 30	П
96	17	22	36	45	6	62	70	79	Сталь 50	П
97	12	15	25	32	7	61	70	80	Алюми- ний	Д
98	10	14	22	35	8	60	70	79	Латунь	П
99	15	21	33	40	9	59	72	78	Сталь 20	Д
100	19	25	38	45	10	58	72	77	Сталь 30	П
101	9	15	24	30	10	57	72	76	Сталь 35	Д
102	9	11	18	25	9	56	72	75	Сталь 40	П
103	18	25	35	40	8	55	70	74	Сталь 50	Д

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
104	16	22	37	40	7	54	70	75	Алюминий	П
105	8	12	20	25	6	53	70	76	Латунь	Д
106	13	20	35	40	5	52	70	74	Сталь 50	П
107	18	20	34	44	4	51	80	83	Алюминий	Д
108	11	14	28	30	3	50	80	84	Латунь	П
109	10	15	20	36	2	49	80	85	Сталь 35	Д
110	16	22	38	40	3	48	80	86	Сталь 20	П
111	17	25	35	43	4	47	75	87	Сталь 40Х	Д
112	9	15	27	32	5	46	75	88	Латунь	П
113	9	12	22	26	6	45	75	89	Сталь 35	Д
114	20	24	33	40	7	44	75	90	Сталь 20	П
115	18	25	36	40	8	43	74	80	Сталь 50	Д
116	20	26	38	42	9	42	74	82	Сталь 40	П
117	22	24	36	40	10	41	74	83	Сталь 20	Д
118	24	26	39	45	11	40	72	84	Алюминий	П
119	20	24	38	46	12	39	70	85	Латунь	Д
120	13	15	40	48	13	38	71	86	Сталь 20	П

1.5. Станок токарно-револьверный

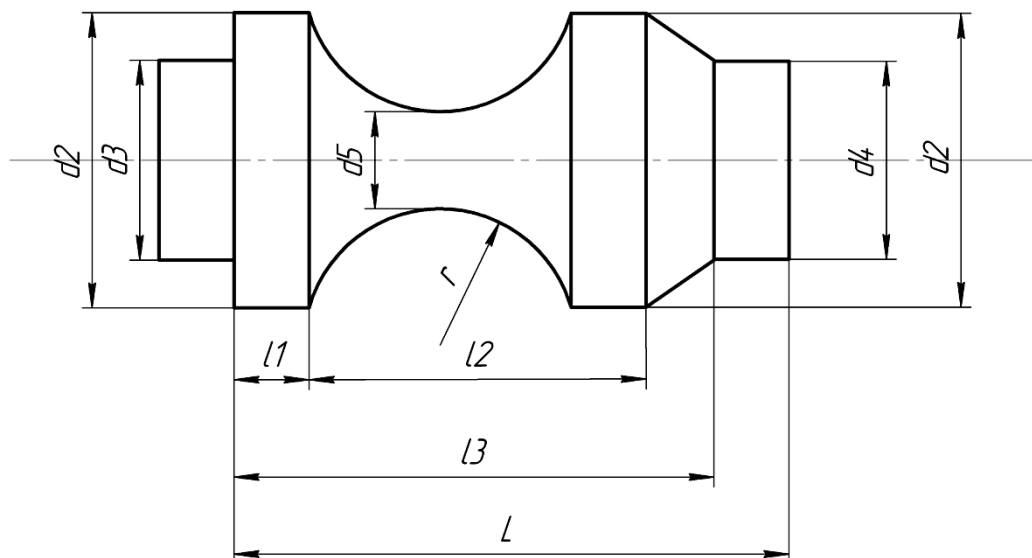


Таблица 5

Ва- ри- ант	<i>d1</i>	<i>d2</i>	<i>d3</i>	<i>d4</i>	<i>d5</i>	<i>R1</i>	<i>l1</i>	<i>l2</i>	<i>l3</i>	<i>L</i>	Материал детали	Тип рез- ца
121	65	65	40	30	25	30	10	68	88	100	Сталь 20Х	Д
122	60	60	40	30	20	29	3	58	65	70	Сталь 30	П
123	55	55	45	35	25	28	4	56	65	70	Сталь У7А	Д
124	50	50	45	30	20	27	5	54	65	70	Алюминий	П
125	52	52	46	32	30	26	6	52	65	70	Сталь 20	Д
126	54	54	47	34	30	25	7	50	65	70	Сталь 40	П
127	56	56	48	36	32	24	8	48	65	70	Сталь 50	Д
128	58	58	46	36	30	23	9	46	65	70	Латунь	П
129	40	40	30	25	20	22	10	44	60	65	Сталь 50	Д
130	38	38	28	23	18	21	3	42	60	65	Сталь 40	П
131	36	36	26	21	18	20	4	40	60	65	Сталь 20	Д
132	34	34	24	20	17	21	5	42	60	65	Алюминий	П
133	32	32	22	18	16	22	6	44	60	65	Сталь 20	Д
134	30	30	26	24	20	23	7	46	60	65	Сталь У7А	П
135	28	28	24	20	15	24	8	48	70	75	Сталь 20Х	Д
136	26	26	20	18	15	25	9	50	70	75	Сталь 40Х	П
137	50	40	30	20	10	26	10	52	70	75	Сталь 50	Д
138	40	30	20	18	16	27	3	54	70	75	Сталь 30	П
139	30	20	18	16	14	28	4	56	70	75	Сталь 40	Д
140	35	25	23	21	15	29	5	58	70	75	Сталь 18ХГН	П
141	36	25	20	15	10	30	6	60	75	80	Сталь 40	Д
142	30	28	26	24	15	31	7	62	75	80	Сталь 20	П
143	45	40	38	36	18	30	8	60	75	80	Сталь 30	Д
144	58	50	40	36	35	29	9	58	70	75	Сталь 20	П
145	45	35	28	26	15	25	10	50	70	75	Сталь 30	Д
146	44	37	29	26	14	26	3	52	70	75	Сталь У7А	П
147	42	38	30	29	13	27	4	54	70	75	Алюминий	Д
148	48	39	25	20	12	24	5	48	70	75	Сталь 20	П
149	49	40	26	25	18	23	6	46	60	65	Сталь 40	Д
150	50	45	28	27	20	22	7	44	60	65	Сталь 50	П

1.6. Станок-автомат

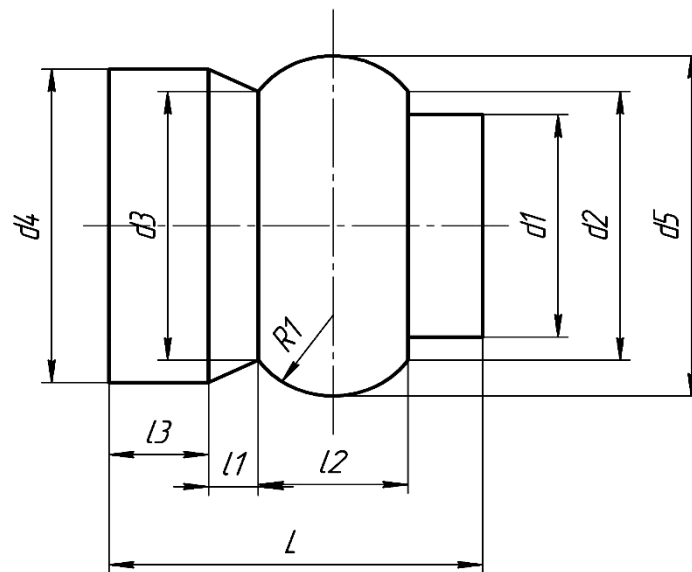


Таблица 6

Ва- ри- ант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	L	$R1$	Материал детали	Тип рез- ца
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
151	50	70	72	80	80	4	40	20	75	40	Сталь 45	Д
152	45	65	67	75	75	5	38	10	55	38	Сталь 30	П
153	40	60	62	70	70	6	36	11	55	36	Сталь У7А	Д
154	35	55	57	65	65	7	34	12	60	34	Алюминий	П
155	30	50	52	60	60	8	32	13	60	32	Сталь 20	Д
156	25	30	34	40	40	8	30	14	58	30	Сталь 40	П
157	20	32	36	44	44	7	28	15	59	28	Сталь 50	Д
158	15	28	32	48	48	6	26	16	60	26	Сталь 50	П
159	10	26	30	52	52	5	24	17	61	24	Сталь 40	Д
160	10	28	38	50	50	4	22	18	62	22	Сталь 20	П
161	15	30	35	46	46	3	20	19	63	20	Алюминий	Д
162	20	38	43	46	50	2	42	20	8	42	Латунь	П
163	25	32	37	44	50	2	44	21	70	44	Сталь У7А	Д
164	30	34	39	50	52	3	46	22	75	46	Сталь 30	П
165	35	35	40	52	54	4	30	23	64	30	Сталь 40Х	Д
166	40	42	48	60	62	5	32	24	65	32	Сталь 40Х	П
167	45	40	52	53	55	6	34	25	66	34	Сталь 30	Д
168	50	55	60	62	64	7	36	25	70	36	Сталь У7А	П

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
169	49	52	56	60	60	8	38	24	75	38	Латунь	Д
170	48	53	60	64	64	8	40	23	75	40	Алюминий	П
171	47	58	60	65	65	7	28	22	76	28	Сталь 20	Д
172	45	59	65	70	70	6	26	21	67	26	Сталь 40	П
173	43	60	65	70	78	5	30	20	68	30	Сталь 50	Д
174	40	45	50	57	59	4	32	19	69	32	Сталь 40	П
175	38	48	50	56	56	3	34	18	70	34	Сталь 20	Д
176	36	46	50	61	62	2	36	17	71	36	Сталь 40Х	П
177	34	40	48	63	64	2	38	16	72	38	Сталь 30	Д
178	32	36	39	61	62	3	39	15	73	39	Сталь У7А	П
179	30	34	38	57	50	4	40	14	74	40	Сталь 40Х	Д
180	28	35	39	58	60	5	41	13	75	41	Сталь 20	П
181	26	30	35	50	48	6	42	12	76	42	Сталь 40	Д

1.7. Станок-автомат

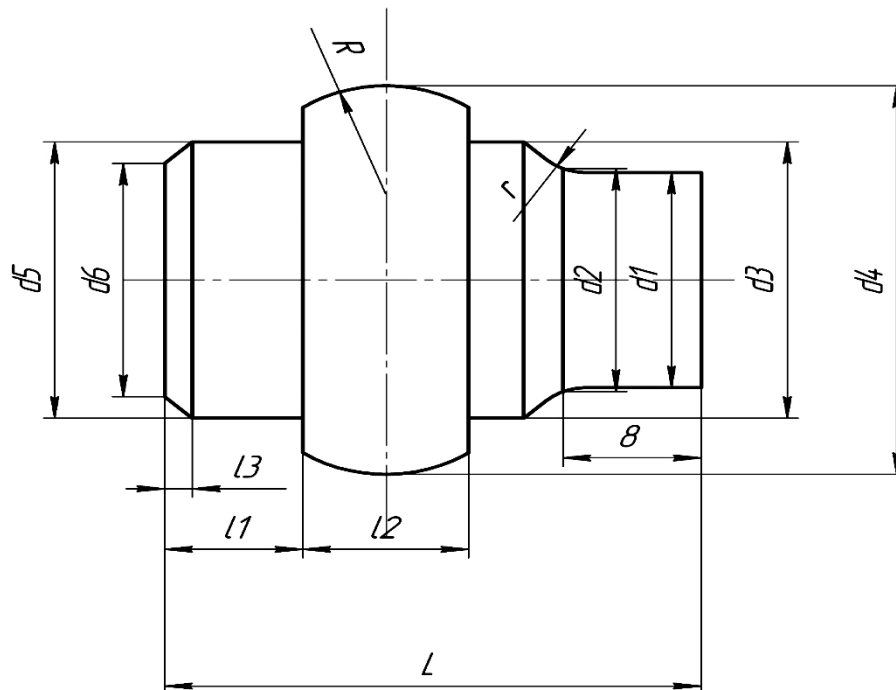
Размер $R=0,5l_2$, $d_5=d_3$ 

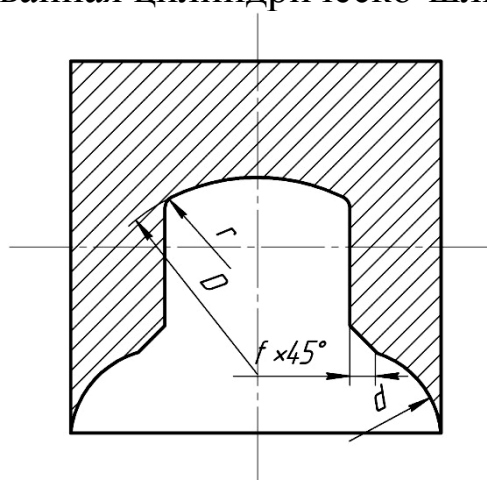
Таблица 7

Вариант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$d6$	$l1$	$l2$	$l3$	L	r	Материал детали	Тип резца
182	18	22	30	40	28	8	10	1	29	2,5	Алюминий	Д
183	12	15	22	30	20	7	8	0,7	23	2	Сталь 20	П
184	15	19	28	36	26	7	8	0,8	25	2,5	Сталь 40	Д
185	18	22	30	40	25	7	9	1	28	3	Латунь	П
186	20	25	34	42	31	8	8	1	28	3	Сталь 20	Д
187	24	30	40	50	36	10	7	1,2	30	3	Алюминий	П
188	30	36	45	52	40	9	7	1,2	28	4	Сталь 40X	Д
189	15	20	30	37	26	6	9	1	26	2,5	Сталь 40	П
190	19	24	29	37	28	6	9	1	28	2,5	Сталь 40	Д
191	16	22	31	40	28	8	10	1,6	33	5	Сталь 20	П
192	16	20	30	37	26	6	8	1	28	4	Сталь 40X	Д
193	25	30	40	50	36	10	7	1,2	30	3,5	Алюминий	П
194	19	25	34	42	31	8	8	1	28	4	Сталь 30	Д
195	24	30	40	50	36	10	7	1,2	30	3	Сталь 20	П
196	22	32	38	42	36	15	5	2	40	2,5	Сталь 40	Д
197	24	31	41	50	35	10	9	1,2	30	3	Сталь 20	Д
198	11	15	22	30	20	7	8	0,7	23	2	Сталь 40X	П
199	29	36	45	52	40	10	7	1,2	28	4	Сталь 20	П
200	12	16	22	30	20	10	8	1	30	2,5	Алюминий	Д

2. ПРОТЯЖКА

Рассчитать и сконструировать протяжку для обработки отверстия изделия. Исходные данные для расчета: эскиз профиля отверстия, длина протягивания – L , материал детали (в состоянии поставки), схема резания при протягивании, станок по выбору руководителя.

2.1. Комбинированная цилиндрическо-шлицевая протяжка



Г – групповая схема резания

О – одинарная схема резания

Таблица 1

Вариант	Число шлицев z	d Н11	D Н8	b F8	f (+0,2)	r не более	Длина детали L	Материал детали	Схема резания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6	26	30	6	0,3	0,2	25	Сталь 40	Г
2	6	28	32	7	0,3	0,2	30	Сталь 20	О
3	8	32	36	6	0,4	0,3	35	Сталь 50	Г
4	8	35	40	8	0,4	0,3	45	Чугун	Г
5	8	42	46	8	0,4	0,3	50	Сталь 35	Г
6	6	18	22	5	0,3	0,2	25	Сталь 20	О

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	6	26	32	6	0,4	0,3	35	Сталь 40Х	О
8	8	32	38	6	0,4	0,3	50	Чугун	Г
9	8	42	48	8	0,4	0,3	60	Сталь 45	Г
10	10	36	45	5	0,4	0,3	55	Сталь 20Х	Г
11	10	42	52	6	0,4	0,3	50	Сталь 40Х	Г
12	16	52	60	5	0,5	0,5	70	Сталь 50	Г
13	16	56	62	5	0,5	0,5	80	Сталь 20	О
14	16	62	72	6	0,5	0,5	90	Сталь 40Х	Г
15	6	23	26	6	0,3	0,2	35	Сталь 20Х	Г
16	8	46	50	9	0,4	0,3	60	Чугун	Г
17	8	52	58	10	0,5	0,5	70	Сталь 40Х	Г
18	8	56	62	10	0,5	0,5	70	Сталь 40Х	Г
19	8	62	68	12	0,5	0,5	75	Сталь 40Х	Г
20	6	13	16	3,5	0,3	0,2	25	Сталь 40Х	О
21	6	16	20	4	0,3	0,2	25	Сталь 40Х	Г
22	6	21	25	5	0,3	0,2	30	Сталь 40Х	Г
23	6	23	28	6	0,3	0,2	35	Сталь 20Х	Г
24	6	28	34	7	0,4	0,3	40	Сталь 20Х	Г
25	8	36	42	7	0,4	0,2	45	Сталь 20Х	О
26	8	46	54	9	0,5	0,5	55	Сталь 20Х	О
27	8	52	60	10	0,5	0,5	65	Сталь 40Х	Г
28	8	56	65	10	0,5	0,5	70	Сталь 40Х	Г
29	8	62	72	12	0,5	0,5	75	Сталь 20Х	Г
30	10	72	82	12	0,5	0,5	85	Сталь 40Х	Г
31	10	16	20	25	0,3	0,2	25	Сталь 40Х	Г
32	10	18	23	3	0,3	0,2	30	Сталь 20Х	О
33	10	21	26	3	0,3	0,2	30	Сталь 40Х	О
34	10	23	29	4	0,3	0,2	35	Сталь 40Х	О
35	10	26	32	4	0,2	0,3	35	Сталь 40Х	О
36	10	28	35	4	0,4	0,3	40	Сталь 40Х	О
37	10	72	78	12	0,5	0,5	10	Сталь 40Х	Г
38	10	82	88	12	0,5	0,5	15	Сталь 20Х	О
39	10	92	98	14	0,5	0,5	20	Сталь 40	Г
40	10	102	108	16	0,5	0,5	15	Чугун	Г
41	10	112	120	18	0,5	0,5	10	Сталь 45	О

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	10	82	92	12	0,5	0,5	10	Сталь 20	Г
43	10	92	102	14	0,5	0,5	15	Сталь У7А	О
44	10	102	112	16	0,5	0,5	20	Чугун	Г
45	10	112	125	18	0,5	0,5	15	Сталь 40Х	О
46	20	82	92	6	0,5	0,5	10	Сталь 20	Г
47	20	92	102	7	0,5	0,5	11	Сталь 40	О
48	20	102	115	8	0,5	0,5	12	Сталь 35	Г
49	20	112	125	9	0,5	0,5	13	Сталь Х	О
50	6	26	30	5	0,3	0,2	15	Сталь Х12	Г
51	8	32	36	7	0,4	0,3	20	Сталь 4ХС	О
52	8	42	46	7	0,4	0,3	40	Сталь 6ХС	Г
53	6	26	32	5	0,4	0,3	50	Сталь У10А	О
54	8	48	42	7	0,4	0,3	40	Сталь 20	Г
55	10	42	52	7	0,4	0,3	20	Сталь Х	О
56	16	56	62	6	0,5	0,5	50	Сталь 20	Г
57	6	23	26	5	0,3	0,2	50	Сталь 40	О
58	8	52	58	8	0,5	0,5	60	Сталь 35	Г
59	8	62	68	10	0,5	0,5	30	Чугун	О
60	6	16	20	5	0,3	0,2	50	Сталь Ч7А	Г
61	4	23	28	6	0,3	0,2	20	Сталь 40Х	О
62	10	72	82	14	0,5	0,5	50	Сталь 20Х	Г

Вариант	Число шлицев z	d H7	D H12	b D9	f (+0,2)	r , не более	Длина детали L	Материал детали	Схема резания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
63	10	32	40	5	0,4	0,3	45	Сталь 20Х	О
64	10	46	56	7	0,5	0,5	55	Сталь 40Х	О
65	16	72	32	7	0,5	0,5	55	Сталь 40Х	О
66	6	11	14	3	0,3	0,2	25	Сталь 40Х	О
67	4	13	16	3,5	0,3	0,2	30	Сталь 40Х	О
68	4	15	20	4	0,3	0,2	35	Сталь 40Х	Г
69	4	20	25	5	0,3	0,2	20	Сталь 40Х	О
70	4	22	28	6	0,3	0,2	25	Сталь 20Х	Г
71	4	25	32	6	0,4	0,3	40	Сталь 40Х	Г
72	4	16	21	5	0,3	0,2	25	Сталь 40Х	О
73	4	30	37	6	0,4	0,3	45	Сталь 40Х	Г
74	6	24	28	6	0,4	0,3	40	Сталь 40Х	О
75	6	27	34	6	0,4	0,3	30	Сталь 40Х	Г
76	6	26	30	5	0,4	0,3	32	Сталь 40Х	О
77	6	28	32	6	0,4	0,3	45	Сталь 40Х	О
78	6	32	36	7	0,4	0,3	45	Сталь 40Х	Г
79	6	36	40	8	0,4	0,3	50	Сталь 20Х	Г
80	6	32	38	6	0,4	0,3	45	Сталь 20Х	Г

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
81	6	18	22	5	0,3	0,2	30	Сталь 40X	Г
82	6	26	32	5	0,3	0,2	40	Сталь 40X	Г
83	6	23	26	5	0,3	0,2	45	Сталь 40X	Г
84	6	46	50	10	0,5	0,5	60	Сталь 40X	О
85	6	16	20	4,5	0,3	0,2	20	Сталь 20X	О
86	6	21	25	4	0,3	0,2	40	Сталь 40X	О
87	6	23	28	5	0,3	0,2	45	Сталь 40X	О
88	6	28	34	6	0,4	0,3	50	Сталь 40X	О
89	6	36	40	7	0,4	0,3	35	Сталь 50	О
90	6	28	32	8	0,3	0,2	50	Сталь 40X	Г
91	6	18	22	6	0,3	0,2	50	Сталь 20X	Г
92	8	32	38	6	0,4	0,2	40	Сталь 40X	О
93	10	36	45	7	0,4	0,3	25	Сталь У7А	Г
94	14	52	60	6	0,4	0,3	40	Сталь X	О
95	14	62	72	6	0,5	0,5	40	Сталь 6XC	Г
96	8	46	50	8	0,4	0,3	30	Чугун	О
97	8	56	62	9	0,5	0,5	80	Сталь 35	Г
98	8	62	68	10	0,5	0,5	30	Сталь X12	О
99	6	13	16	3	0,3	0,2	15	Сталь 4XC	Г
100	6	16	20	4,5	0,3	0,2	30	Сталь У10А	О
101	6	21	25	4	0,3	0,2	15	Сталь 20	Г

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
102	6	23	28	5	0,3	0,2	25	Сталь Х	О
103	6	28	34	8	0,4	0,3	40	Сталь 40	О
104	8	46	54	10	0,5	0,5	40	Сталь 40	О
105	8	56	65	10	0,5	0,5	80	Сталь 35	Г
106	10	72	82	14	0,5	0,5	50	Чугун	О
107	10	18	23	2,5	0,3	0,2	50	Сталь У7А	Г
108	10	23	29	5	0,3	0,2	20	Сталь 40Х	О
109	10	28	35	3,5	0,4	0,3	20	Сталь 20Х	Г
110	10	32	40	6	0,4	0,3	50	Сталь 40	О
111	10	46	56	6	0,4	0,3	45	Сталь 50	Г

Таблица 3

Вариант	Число шлицев z	d Н11	D Н12	b F10	f (+0,2)	r , не более	Длина детали L	Материал детали	Схема резания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
112	6	36	42	8	0,4	0,3	50	Сталь 40Х	Г
113	6	46	54	10	0,5	0,5	50	Сталь 40Х	О
114	6	52	60	12	0,5	0,5	65	Сталь 40Х	Г
115	8	32	38	6	0,4	0,3	40	Сталь 40Х	О
116	8	42	48	8	0,4	0,3	50	Сталь 40Х	Г

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
117	8	32	36	5	0,3	0,2	30	Сталь 40X	О
118	8	36	40	6	0,3	0,2	50	Сталь 20X	Г
119	8	42	46	7	0,4	0,3	60	Сталь 20X	О
120	8	46	50	8	0,4	0,3	65	Сталь 40X	Г
121	8	52	58	9	0,4	0,3	65	Сталь 40X	О
122	8	56	62	9	0,5	0,5	75	Сталь 40X	Г
123	8	36	42	6	0,3	0,2	50	Сталь 20X	О
124	8	46	54	8	0,4	0,3	50	Сталь 20X	Г
125	12	32	40	5	0,4	0,3	20	Сталь 40X	Г
126	12	46	56	6	0,4	0,3	20	Сталь 20	Г
127	14	72	82	8	0,5	0,5	40	Сталь 50	О
128	10	56	65	9	0,5	0,5	80	Чугун	О
129	12	72	82	13	0,5	0,5	70	Сталь 35	Г
130	10	18	25	3	0,3	0,2	50	Сталь 20	Г
131	8	28	35	4	0,4	0,3	40	Сталь 40X	О
132	8	32	40	5	0,4	0,3	25	Сталь 45	Г
133	12	46	56	6,5	0,4	0,3	50	Сталь X	О
134	10	36	40	5	0,4	0,3	25	Сталь У7А	Г

2.2. Цилиндрическая протяжка

Таблица 4

Вариант	Размеры отверстия, мм		Материал Детали	Схема резания
	Диаметр D	Длина L		
1	2	3	4	5
135	45(H7)	100	Сталь 40	Г
136	46(H8)	80	Сталь 40X	О
137	48(H7)	90	Сталь 20	Г
138	50(H7)	75	Сталь 40X	Г
139	50(H8)	60	Сталь 40X	Г
140	50(N9)	85	Сталь 35	О
141	60(H8)	95	Сталь 20	Г
142	75(H7)	110	Сталь 40	Г
143	52(H7)	75	Сталь 40X	Г
144	42(H8)	55	Чугун	Г
145	54(H7)	130	Сталь 40	Г
146	60(H8)	84	Чугун	О
147	75(H6)	95	Сталь 20	Г
148	40(H7)	65	Сталь 35	Г
149	42(H9)	70	Сталь 40X	Г
150	40(H7)	90	Сталь 20X	Г
151	42(E8)	80	Сталь 40X	Г
152	45(H6)	90	Сталь 20	Г
153	52(H8)	90	Сталь 40X	Г
154	55(H9)	100	Сталь 20X	Г
155	56(H8)	70	Сталь 50	О
157	60(H9)	95	Сталь 40X	Г
158	35(N9)	75	Сталь 20X	Г
159	28(E8)	35	Чугун	Г
160	10(H7)	15	Сталь 40	Г
161	11(H8)	20	Сталь 50	О
162	12(H7)	22	Сталь 20X	Г
163	14(H7)	24	Сталь 40X	О
164	16(H8)	30	Сталь У7А	Г
165	17(N9)	35	Сталь X	О
166	18(H8)	36	Сталь 6XC	Г

1	2	3	4	5
167	19(H7)	40	Чугун	О
168	20(H7)	45	Сталь 35	Г
169	21(H8)	46	Сталь X12	О
170	22(H7)	48	Сталь 4ХС	Г
171	24(H8)	50	Сталь У10А	Г
172	25(H7)	55	Сталь 20	О
173	26(H7)	60	Сталь Х	О
174	28(H9)	60	Сталь 20	Г
175	30(E8)	65	Сталь 40	Г
176	32(E8)	70	Сталь 35	О
177	34(H6)	75	Чугун	О
178	36(H8)	80	Сталь У7А	Г
179	38(H9)	80	Сталь 40Х	Г
180	63(H8)	90	Сталь 20Х	О
181	65(H8)	95	Сталь 40	О
182	70(H9)	95	Сталь 50	Г
183	75(N9)	90	Сталь 40Х	Г
184	80(E8)	100	Сталь 20Х	Г
185	85(H7)	100	Чугун	Г
186	90(H8)	105	Сталь 20Х	Г
187	95(H7)	102	Сталь 40Х	О
188	100(H7)	103	Сталь У7А	О
189	105(H8)	110	Сталь Х	О
190	10,2(N9)	20	Сталь 35	Г
191	10,8(H8)	25	Сталь 6ХС	Г
192	11,2(H7)	26	Чугун	Г
193	11,8(H7)	25	Сталь 35	О
194	12,5(H8)	20	Сталь X12	О
195	13,5(H7)	25	Сталь 4ХС	О
196	14,5(H8)	30	Сталь У10А	Г
197	15,5(H7)	32	Сталь 20	О
198	16,5(H7)	15	Сталь Х	Г
199	17,5(H9)	20	Сталь 20	Г
200	18,5(E8)	22	Сталь 40	О

3. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Спроектировать токарный резец с механическим креплением многогранных пластин из твердого сплава.

Таблица 1

Вариант	Размеры державки		Главный угол в плане ϕ	Количество граней пластинки	Тип пластинки
	высота h	ширина b			
1	12	12	90	3	С отверстием
2	15	15	75	3	Без отверстия
3	25	16	60	3	С отверстием
4	20	20	50	3	Без отверстия
5	25	25	45	4	С отверстием
6	32	20	60	4	Без отверстия
7	32	32	75	4	С отверстием
8	40	40	80	4	Без отверстия
9	40	25	30	5	С отверстием
10	50	50	35	5	Без отверстия
11	12	12	40	5	С отверстием
12	16	12	45	5	Без отверстия
13	25	16	50	5	С отверстием
14	20	20	54	5	Без отверстия
15	25	25	10	6	С отверстием
16	32	20	20	6	Без отверстия
17	32	32	30	6	С отверстием
18	40	40	90	3	Без отверстия
19	40	25	75	3	С отверстием
20	50	50	60	3	Без отверстия
21	50	40	45	5	С отверстием

3.2. Спроектировать токарный расточной резец с режущим элементом из композита.

Таблица 2

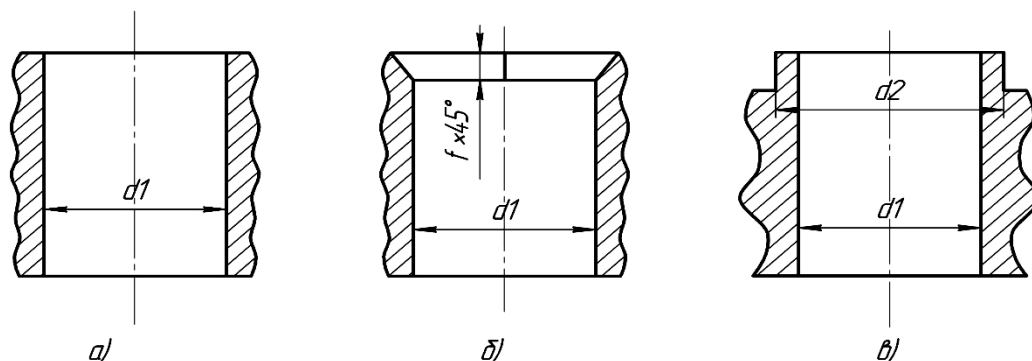
Вариант	Размеры державки		Длина резца L	Главный угол в плане ϕ
	высота h	ширина b		
22	16	16	150	45
23	25	20	160	50
24	20	20	170	55
25	25	25	180	60
26	25	16	200	65

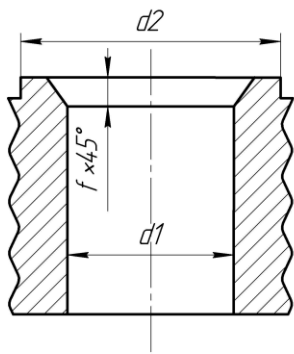
3.3. Спроектировать резцовый блок с резцами, оснащенными композитом для обработки отверстия.

Таблица 3

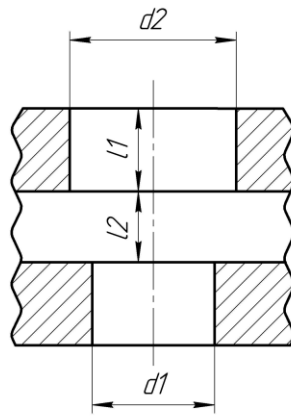
Вариант	Диаметры отверстий		Длина ступеней	
	$D1$	$D2$	$L1$	$L2$
27	36	45	20	30
28	30	40	25	35
29	40	60	30	40
30	45	65	35	45
31	50	70	40	50

3.4. Спроектировать комбинированный инструмент для обработки поверхностей, показанных, на рисунке ниже. Точность после сверления – Н12, после зенкерования – Н11, после развертывания – Н8.

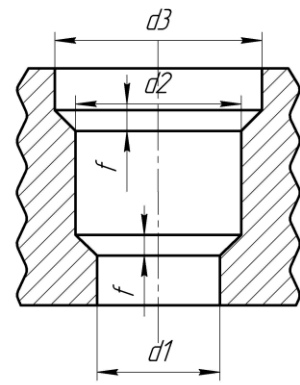




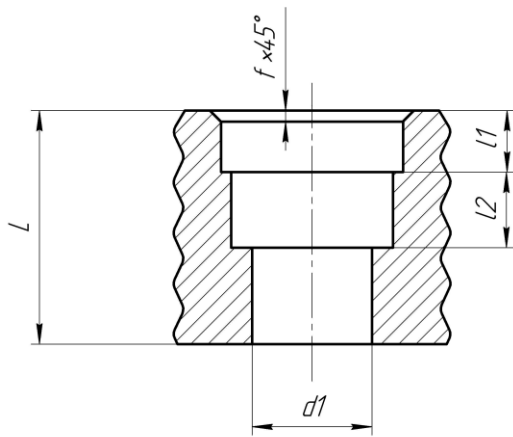
z/



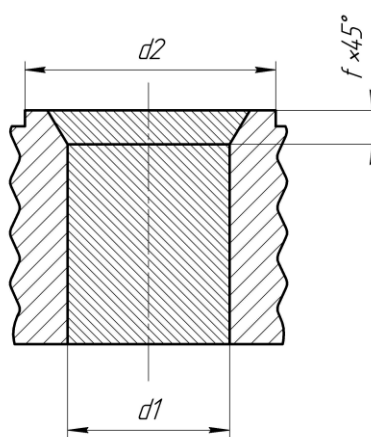
d/



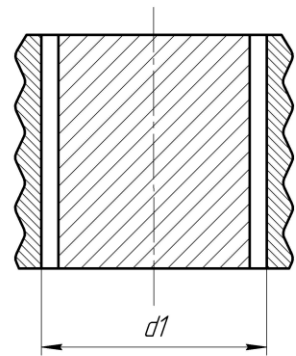
e/



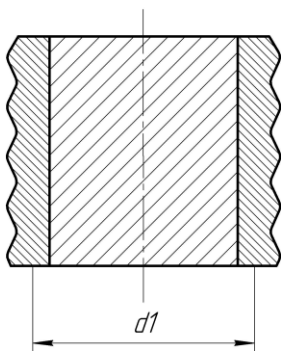
x/



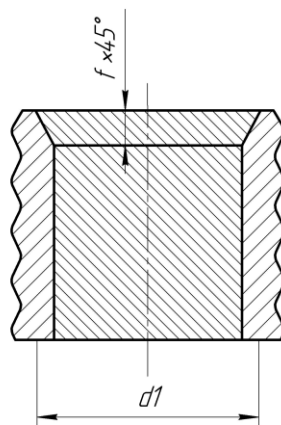
3/



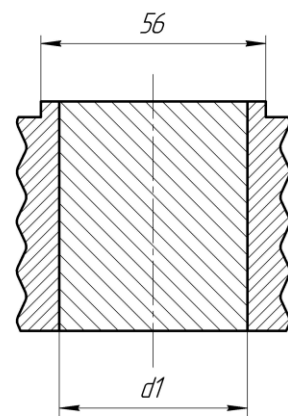
u/



k/



n/



m/

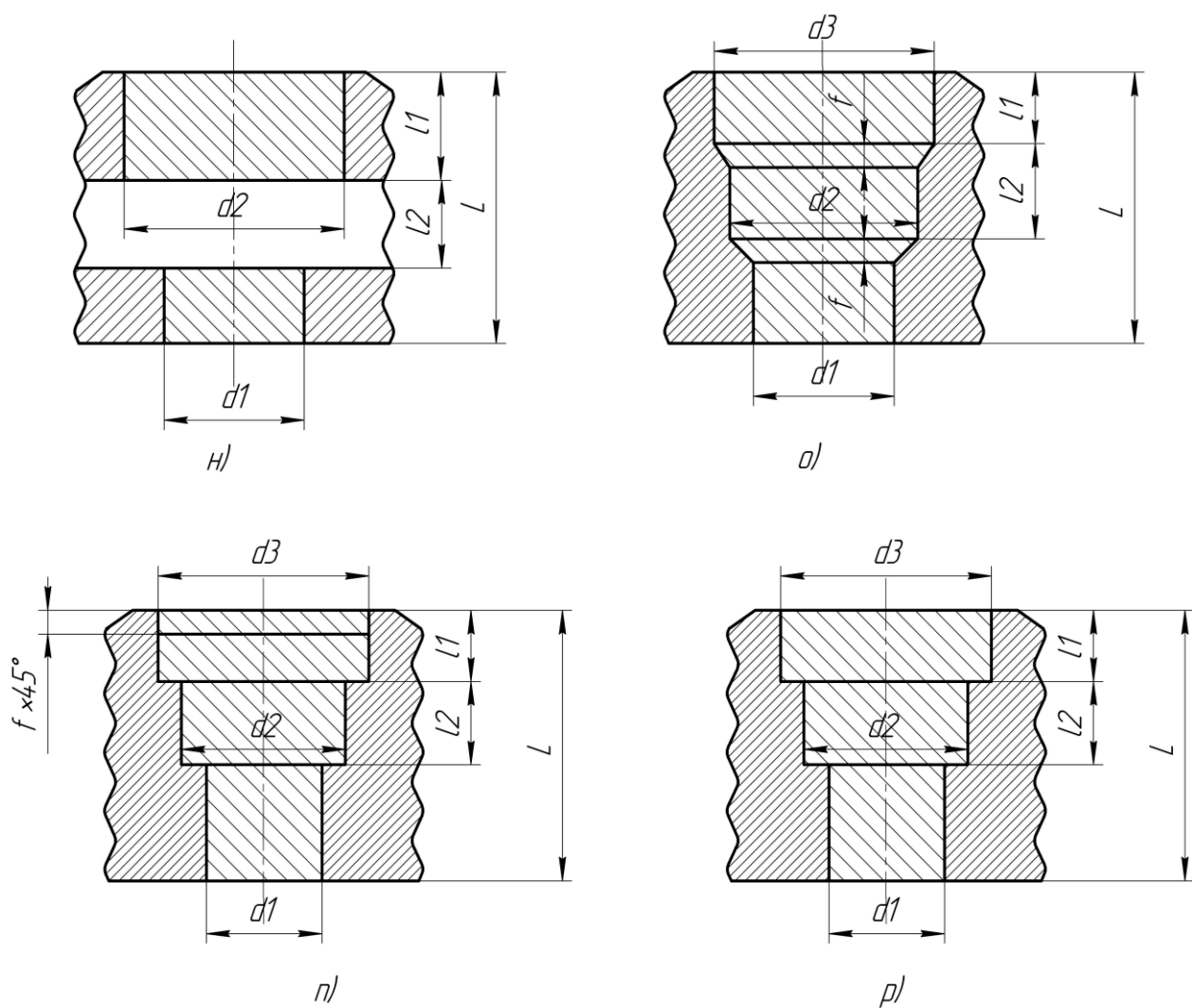


Таблица 4

Вари- ант	Рисунок	Наименование инструмента	$d1$	$d2$	$d3$	L	$l1$	$l2$	f
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	а	зенк.-разв.	5	—	—	—	—	—	—
33	а	зенк.-разв.	5,5	—	—	—	—	—	—
34	а	зенк.-разв.	5,6	—	—	—	—	—	—
35	б	зенкер	5,7	—	—	—	—	—	1
36	б	зенкер	5,8	—	—	—	—	—	2
37	в	зенкер	5,9	10	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
38	г	зенкер	6	11,4	—	—	—	—	1
39	г	зенкер	6,1	12,4	—	—	—	—	2
40	д	свер.-зенк.	6,2	9	—	20	5	4	—
41	д	зенк.-разв.	6,3	10	—	22	5	5	—
42	е	зенкер	6,4	8,4	10,4	24	4	4	2
43	е	зенкер	6,5	8,5	10,5	26	6	6	2
44	ж	зенкер	6,6	17,5	28,5	28	6	7	1
45	ж	зенкер	6,7	18,7	30,7	30	7	7	2
46	и	свер.-метч.	М13	—	—	—	—	—	—
47	и	свер.-метч.	М14	—	—	—	—	—	—
48	к	свер.-зенк.	7	—	—	—	—	—	—
49	к	свер.-зенк.	7	—	—	—	—	—	—
50	л	свер.-зенк.	7,2	—	—	—	—	—	—
51	м	свер.-зенк.	7,3	14,2	—	—	—	—	—
52	н	свер.-зенк.	7,4	10	—	32	7	12	—
53	о	свер.-зенк.	7,5	9,5	11,5	34	12	7	2
54	п	свер.-зенк.	7,6	8,6	9,6	36	11	5	1
55	з	свер.-зенк.	7,7	15,5	—	—	—	—	1
56	р	свер.-зенк.	7,8	15	20	38	5	11	—
57	а	зенк.-разв.	7,9	—	—	—	—	—	—
58	б	зенкер	8	—	—	—	—	—	1
59	в	зенкер	8,1	10	—	—	—	—	—
60	в	зенкер	8,2	11	—	—	—	—	—
61	г	зенкер	8,3	12	—	—	—	—	1
62	г	зенкер	8,4	13	—	—	—	—	2
63	д	зенк.-разв.	8,5	11	—	40	4	12	—
64	д	зенкер	8,6	13	—	42	4	18	—
65	е	зенкер	8,7	10,7	12,7	44	4	19	2
66	е	зенкер	8,8	10,8	12,8	46	19	4	2
67	ж	зенкер	9	12	17	48	18	4	1
68	ж	зенкер	9,1	18	25	50	20	4	2
69	и	свер.-метч.	М8	—	—	—	—	—	—
70	и	свер.-метч.	М7	—	—	—	—	—	—
71	к	свер.-зенк.	9,4	—	—	—	—	—	—
72	к	свер.-разв.	9,5	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
73	л	свер.-ступ.	9,6	—	—	—	—	—	1
74	л	свер.-ступ.	9,7	—	—	—	—	—	2
75	м	свер.-зенк.	9,8	15	—	—	—	—	—
76	м	свер.-зенк.	9,9	16	—	—	—	—	—
77	н	свер.-ступ.	10	15	—	52	5	12	—
78	н	свер.-зенк.	10,1	18	—	54	5	12	—
79	о	свер.-зенк.	10,2	11,2	12,2	56	5	18	1
80	о	свер.-зенк.	10,3	12,3	14,3	58	18	5	2
81	з	свер.-зенк.	10,4	15,5	—	—	—	—	1
82	з	свер.-зенк.	10,5	16,5	—	—	—	—	2
83	р	свер.-зенк.	10,6	18	28	60	17	5	—
84	р	свер.-зенк.	10,7	20	30	62	12	5	—
85	а	зенк.-разв.	10,8	—	—	—	—	—	—
86	б	зенкер	10,9	—	—	—	—	—	1
87	в	зенкер	11	14	—	—	—	—	—
88	г	зенкер	11,1	15	—	—	—	—	1
89	г	зенкер	11,2	16	—	—	—	—	2
90	д	зенкер	11,3	14	—	60	20	10	—
91	д	развертка	11,4	18	—	58	20	15	—
92	е	зенкер	11,5	14,5	17,5	56	20	20	3
93	е	зенкер	11,6	14,6	17,6	54	20	25	3
94	ж	зенкер	11,7	20	23	52	15	17	1
95	ж	зенкер	11,8	17	22	50	10	18	2
96	и	свер.-метч.	М10	—	—	—	—	—	—
97	и	свер.-метч.	М12	—	—	—	—	—	—
98	к	свер.-зенк.	12,1	—	—	—	—	—	—
99	к	свер.-разв.	12,2	—	—	—	—	—	—
100	л	свер.-зенк.	12,3	—	—	—	—	—	1
101	л	свер.-зенк.	12,4	—	—	—	—	—	2
102	м	свер.-зенк.	12,5	17	—	—	—	—	—
103	м	свер.-зенк.	12,6	18	—	—	—	—	—
104	н	свер.-разв.	12,7	15	—	48	10	15	—
105	н	свер.-ступ.	12,8	17	—	46	11	6	—
106	о	свер.-зенк.	12,9	14,4	15,9	44	18	5	1,5
107	о	свер.-зенк.	13	14	15	42	20	10	1

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
108	п	свер.-зенк.	13,1	14,1	15,1	40	10	20	1
109	п	свер.-зенк.	13,2	15,2	17,2	38	5	18	2
110	з	свер.-зенк.	13,3	20	—	—	—	—	0,5
111	з	свер.-зенк.	13,4	22	—	—	—	—	1
112	р	свер.-зенк.	13,5	17	20	36	6	13	—
113	а	зенк.-разв.	13,6	—	—	—	—	—	—
114	а	зенк.-разв.	13,7	—	—	—	—	—	—
115	б	зенкер	13,8	—	—	—	—	—	—
116	б	зенкер	13,9	—	—	—	—	—	0,5
117	б	зенкер	14	—	—	—	—	—	1,5
118	в	зенкер	14,25	17	—	—	—	—	—
119	в	зенкер	14,5	21	—	—	—	—	—
120	в	зенкер	14,75	23	—	—	—	—	—
121	г	зенкер	15	27	—	—	—	—	1
122	д	зенкер	15,25	20	—	34	8	8	—
123	е	зенкер	15,4	17,4	19,4	32	8	9	2
124	е	зенкер	15,5	18	20,5	30	8	10	2,5
125	ж	зенкер	15,7	21	28	28	8	5	1
126	ж	зенкер	15,75	25	40	26	8	4	0,5
127	и	свер.-метч.	М16	—	—	—	—	—	—
128	и	свер.-метч.	М18	—	—	—	—	—	—
129	к	свер.-зенк.	4,9	—	—	—	—	—	—
130	к	свер.-зенк.	16	—	—	—	—	—	—
131	л	свер.-ступ.	16,25	—	—	—	—	—	1
132	л	свер.-ступ.	16,5	—	—	—	—	—	2
133	м	свер.-зенк.	16,75	21,5	—	—	—	—	—
134	н	свер.-зенк.	17	25	—	24	7	11	—
135	о	свер.-зенк.	17,25	18,25	19,25	22	7	10	1
136	п	свер.-зенк.	17,4	17,9	18,4	20	7	8	0,5
137	п	свер.-зенк.	17,5	19	20,5	22	7	5	1,5
138	з	свер.-зенк.	17,25	22,5	—	—	—	—	1
139	з	свер.-зенк.	18	25,5	—	—	—	—	2
140	р	свер.-зенк.	18,25	26	32	24	7	6	—
141	р	свер.-зенк.	18,5	28	45	26	7	4	—
142	а	зенк.-разв.	19	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
143	б	зенкер	19,25	—	—	—	—	—	1
144	в	зенкер	19,4	25	—	—	—	—	—
145	г	зенкер	19,5	30	—	—	—	—	1
146	д	развертка	19,75	26	—	25	9	7	—
147	д	зенк.-разв.	20	28	—	27	9	8	—
148	е	зенкер	20,5	22,75	25,25	29	9	15	2,5
149	е	зенкер	20,5	22,5	24,5	31	9	13	2
150	ж	зенкер	20,75	30	40	33	9	12	1
151	ж	зенкер	20,9	35	45	35	9	11	1,5
152	ж	зенкер	21	40	42	37	9	10	2
153	и	свер.-метч.	М11	—	—	—	—	—	—
154	и	свер.-метч.	М19	—	—	—	—	—	—
155	к	свер.-зенк.	4,5	—	—	—	—	—	—
156	к	свер.-зенк.	21,25	—	—	—	—	—	—
157	к	свер.-зенк.	21,5	—	—	—	—	—	—
158	л	свер.-ступ.	21,75	—	—	—	—	—	1
159	л	свер.-ступ.	22	—	—	—	—	—	—
160	м	свер.-зенк.	22,25	29	—	—	—	—	—
161	м	свер.-зенк.	22,5	39	—	—	—	—	—
162	н	свер.-разв.	22,75	25	—	39	9	9	—
163	н	свер.-зенк.	23	30	—	41	10	10	—
164	о	свер.-зенк.	23,25	24,25	23,25	43	11	11	1
165	о	свер.-зенк.	23,5	25,5	27,5	45	12	12	2
166	п	свер.-зенк.	23,75	25,75	27,75	47	13	13	2
167	п	свер.-зенк.	24	26,5	29	49	14	14	2,5
168	з	свер.-зенк.	24,25	40	—	—	—	—	1
169	з	свер.-зенк.	24,5	45	—	—	—	—	1
170	р	свер.-зенк.	24,75	33	37	51	15	15	—
171	а	зенк.-разв.	25	—	—	—	—	—	—
172	а	зенк.-разв.	24,9	—	—	—	—	—	—
173	б	зенкер	24,8	—	—	—	—	—	1
174	б	зенкер	24,7	—	—	—	—	—	2
175	в	зенкер	24,6	30	—	—	—	—	—
176	в	зенкер	24,5	32	—	—	—	—	—
177	г	зенкер	23,5	34	—	—	—	—	1

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
178	г	зенкер	23,4	36	—	—	—	—	2
179	д	развертка	23,3	27	—	53	5	10	—
180	д	зенк.-разв.	23,2	35	—	55	6	11	—
181	е	зенкер	23,1	25,1	27,1	67	7	12	2
182	е	зенкер	22,9	25,9	28,9	59	8	13	3
183	е	зенкер	22,8	24,8	26,8	61	9	14	2
184	ж	зенкер	22,6	31	35	63	10	15	1
185	ж	зенкер	22,4	27	31	59	11	16	2
186	ж	зенкер	22,2	25	32	57	12	17	3
187	и	свер.-метч.	M20	—	—	—	—	—	—
188	и	свер.-метч.	M22	—	—	—	—	—	—
189	к	свер.-зенк.	4	—	—	—	—	—	—
190	к	свер.-зенк.	4	—	—	—	—	—	—
191	к	свер.-разв.	21,2	—	—	—	—	—	—
192	л	свер.-ступ.	20,2	—	—	—	—	—	1
193	л	свер.-ступ.	19,2	—	—	—	—	—	2
194	м	свер.-зенк.	18,2	25	—	—	—	—	—
195	н	свер.-ступ.	17,2	29	—	55	13	18	—
196	н	свер.-зенк.	16,2	35	—	53	14	19	—
197	о	свер.-зенк.	16,4	17,4	18,4	51	15	20	1
198	п	свер.-зенк.	15,2	17,2	19,2	49	15	19	2
199	з	свер.-зенк.	15,6	20	—	—	—	—	1
200	р	свер.-зенк.	15,8	22	26	45	15	18	—

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубарев, Ю. М. Режущий инструмент : учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков ; под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-9510-8. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 21.04.2025).

2. Режущие инструменты : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 388 с. – ISBN 9785941781928.

3. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, И. А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-1632-5. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212042> (дата обращения: 21.04.2025).