

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

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

А. М. Романенко

## **РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

### **Методические указания к лабораторным работам и самостоятельной работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
подготовки 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств» в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2014

## Рецензенты:

Коротков А. Н. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлорежущих станков и инструментов

Клепцов А. А. – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения, председатель учебно-методической комиссии направления 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

### **Романенко, Андрей Михайлович.**

**Режущий инструмент:** методические указания к лабораторным работам и самостоятельной работе [Электронный ресурс] : для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / А. М. Романенко. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб; Windows 95 (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

Изложены основные цели, оборудование, приборы, материалы и порядок выполнения лабораторных работ по курсу «Режущий инструмент», а также рекомендации по самостоятельной работе для студентов, обучающихся по направлению подготовки. 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профили подготовки «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы»

© КузГТУ, 2014

© Романенко А. М., 2014

# 1. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

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

## 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 в себя:

- 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 производитель-

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

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 II. 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 I3 посредством прижима I2.

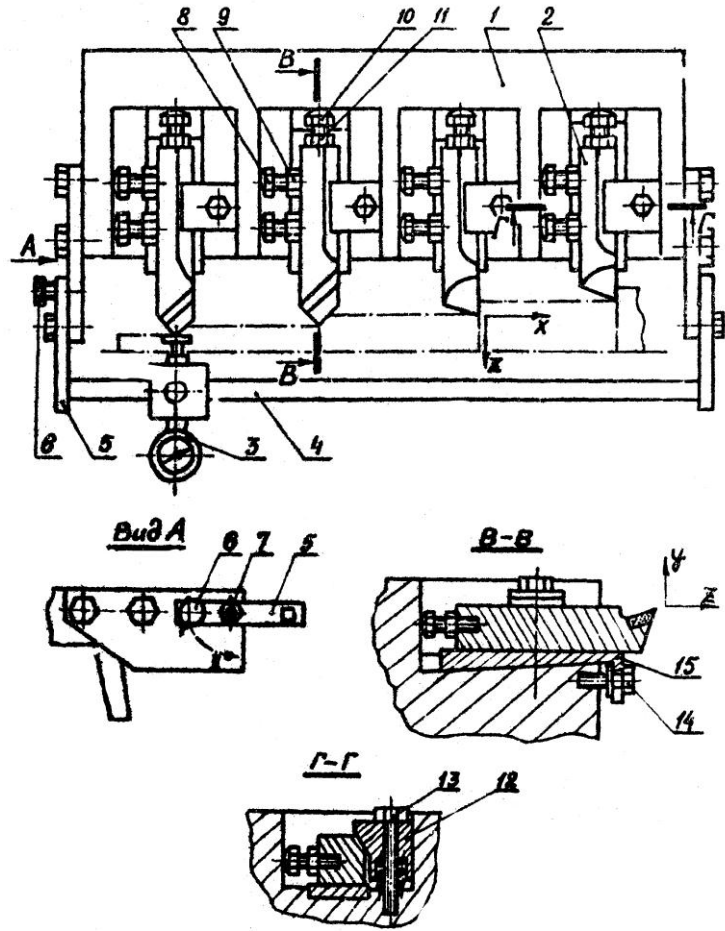


Рис. 1. Блок резцов: 1 – корпус; 2 – резец; 3 – индикатор; 4 – направляющая; 5 – планка; 6- винт фиксации планки; 7 – ось планки; 8, 9 – установочные винт и контргайка/ось x/; 10, 11 – установочные винт и контргайка (ось z); 12 – прижим; 13 – винт; 14 – винт; 15 – клин

## 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.

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.

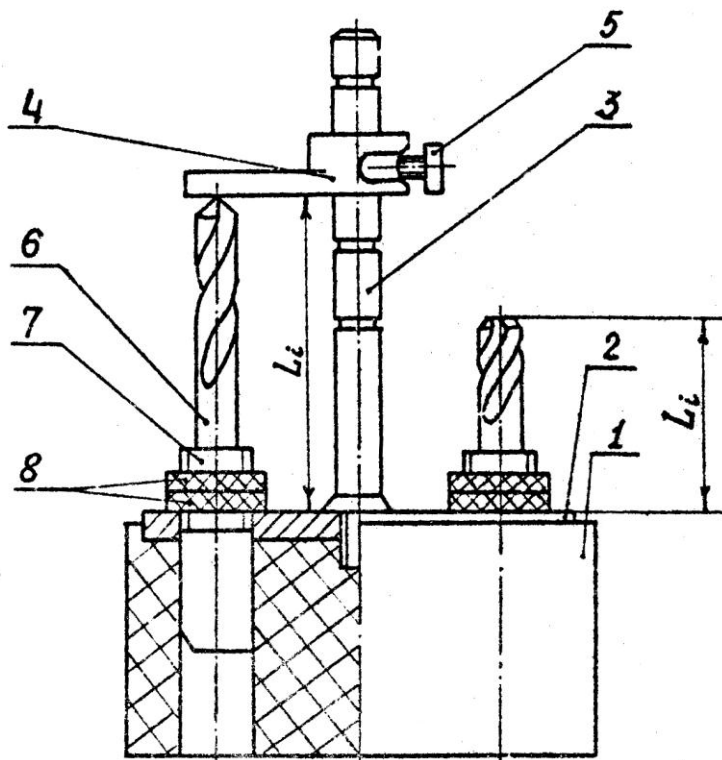


Рис. 2 Прибор флажкового типа: 1 – корпус; 2 – плита; 3 – стойка; 4 – подвижный флажок; 5 – винт; 6 – осевой инструмент; 7 – оправка; 8 – контргайки

### 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.

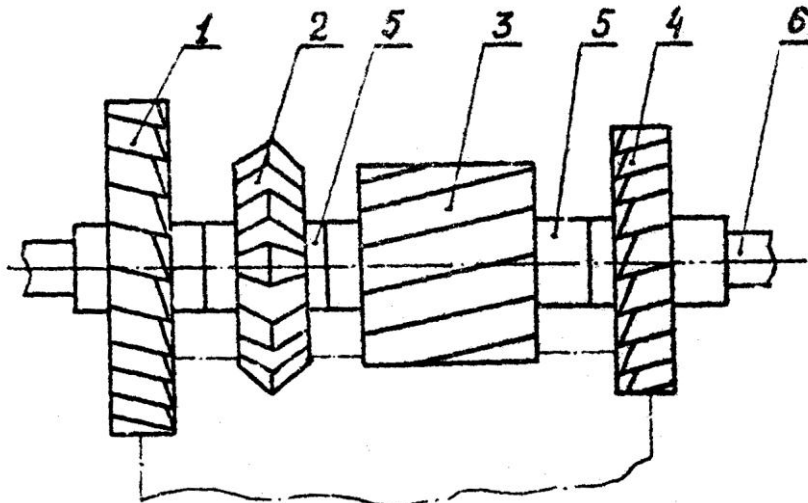


Рис. 3 Блок фрез: 1, 2, 3, 4 – набор фрез; 5 – установочные кольца; 6 – оправка



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.
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.

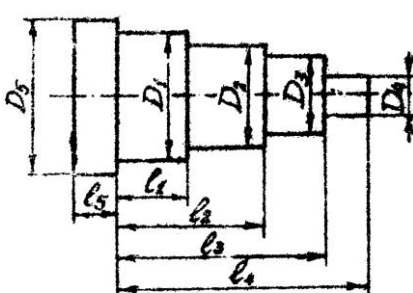
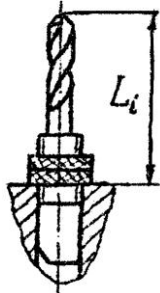
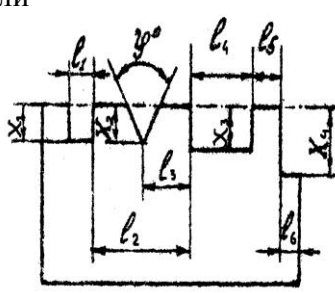
### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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. Инструменты, применяемые при настройке резцов.

6. Инструменты, применяемые при настройке осевых инструментов.

7. Инструменты, применяемые при настройке фрез.

### ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ варианта	Эскиз вала 	Длины L <sub>1</sub> – сверла L <sub>2</sub> – зенкера L <sub>3</sub> – развертки 	Эскиз фрезеруемой детали 	
			$l_1$	$X_1$
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	$D_1 = 92$ $l_1 = 86$ $D_2 = 88$ $l_2 = 182$ $D_3 = 84$ $l_3 = 274$ $D_4 = 80$ $l_4 = 283$ $D_5 = 100$ $l_5 = 20$	$L_1 = 150$ $L_2 = 90$ $L_3 = 160$	$l_1 = 0$ $X_1 = 0$ $l_2 = 0$ $X_2 = 15$ $l_3 = 55$ $X_3 = 10$ $l_4 = 63$ $X_4 = 20$ $l_5 = 46$ $\varphi^\circ = 120^\circ$ $l_6 = 9$	

## Работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДА КРЕПЛЕНИЯ  
И БАЗИРОВАНИЯ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН  
НА ТОЧНОСТЬ ИХ УСТАНОВКИ В КОРПУСЕ РЕЗЦА

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – исследовать влияние метода крепления и базирования многогранных твердосплавных пластин на размеры резца по длине и определить схему крепления, обеспечивающую возможность бесподналадочной замены многогранных пластин на инструментах.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Один из путей быстросменной бесподналадочной замены инструмента – бесподналадочная замена многогранных твердосплавных пластин. Преимущество данного способа заключается в относительно небольших затратах времени на замену изношенной и установку новой пластины, по сравнению со временем замены резца. Замену пластины можно осуществить максимум за одну минуту, что в 2-4 раза быстрее смены резца. Характерные методы крепления многогранных пластин в корпусе резцов представлены на рис. 1.

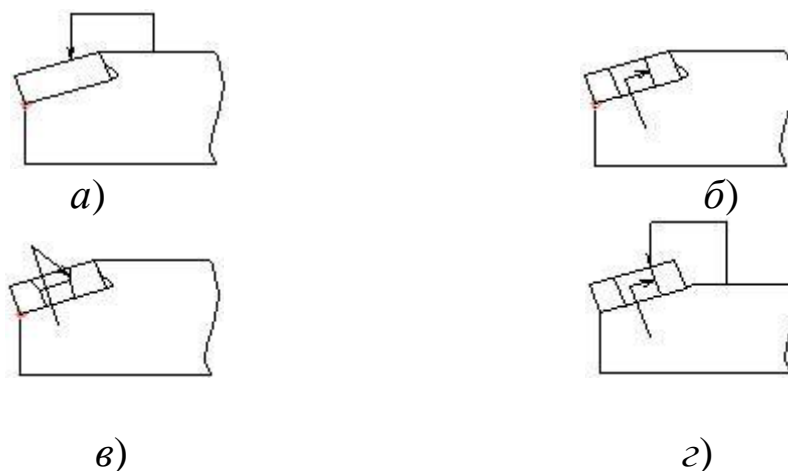


Рис. 1. Методы крепления пластин

Крепление прихватом сверху рис. 1, *а* применяется для пластин без отверстий. Пластина устанавливается в закрытый паз и базируется по его опорной и боковой поверхностям. При этом обеспечивается высокая точность базирования пластин и надежность крепления.

Схема, представленная на рис. 1, *б* предусматривает применение поворотного элемента (рычага, качающегося штифта), обеспечивающего прижим пластины к боковым базовым поверхностям закрытого паза державки. Данная схема применяется для пластин с отверстием, обеспечивая высокую точность базирования, однако это не гарантирует точного прилегания опорной поверхности пластины и опорной поверхности на резцедержателе.

Схема на рис. 1, *в* предусматривает применение пластин с коническим отверстием. Данный способ обеспечивает надежное крепление, но сравнительно невысокую точность. Крепление пластины с помощью клина прихвата рис. 1, *г*, так же не обеспечивает точного базирования пластины.

Точность пластин рекомендуется ГОСТ 19042-80. В соответствии с данным ГОСТом, пластины изготавливаются следующих классов допусков: А, F, e, H, E, G, I, K, L, M. Для указанных классов точности отклонение диаметра вписанной окружности ( $d$ ) см. рис. 2. составляет от  $+0,013$  (F) до  $\pm 0,25$  мм ( $v$ ) толщины пластины ( $S$ ) от  $\pm 0,025$  до  $\pm 0,13$  мм; расстояние от вписанной окружности ( $m$ ) до вершины лезвия от  $\pm 0,005$  до  $\pm 0,38$  мм (рис. 2).

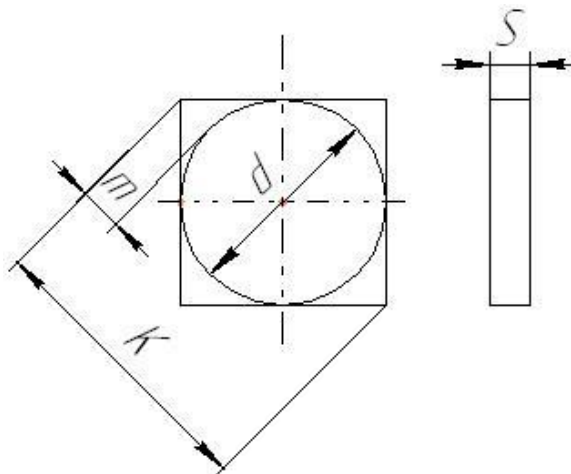


Рис. 2. Основные размеры пластины

Для осуществления бесподналадочной замены многогранных неперетачиваемых пластин допусков А и F, при схемах крепления прихватом сверху или при помощи поворотного элемента.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### 3.1. Оборудование и инструменты

1. Приспособление для размерной настройки резцов вне станка;
2. Микрометр;
3. Резцы с быстросменными пластинами;
4. Многогранные пластины различных классов допусков.

#### 3.2. Порядок выполнения

1. Многогранные пластины измеряют микрометром по ширине ( $d$ ), толщине ( $S$ ) и диагонали ( $K$ ) рис. 2. Результаты измерений записывают. Допустимые предельные отклонения конструктивных параметров рассматриваемых пластин приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельное отклонение пластин

Класс допусков	Предельные отклонения		
	$m$	$d$	$S$
А	$\pm 0,005$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$
F	$\pm 0,005$	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$
M	$\pm 0,08 \div 0,18$	$\pm 0,05 \div 0,13$	$\pm 0,13$
V	$\pm 0,13 \div 0,38$	$\pm 0,08 \div 0,23$	$\pm 0,13$

2. По эталону устанавливается нулевое показание индикатора приспособления для размерной настройки резцов, см. рис. 3.

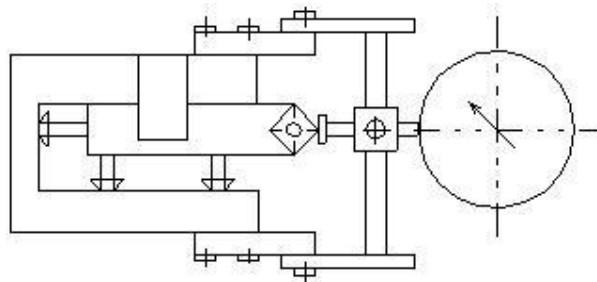


Рис. 3. Схема замеров

3. Резец с креплением пластины по рис. 1, а с первой пластиной настраивают в приспособлении на размер  $\alpha$  с точностью до  $\pm 0,01$  мм. Показание индикатора записывают.

4. На резце первую пластину поворачивают и закрепляют три раза. После каждого поворота измеряют на приспособлении размер резца и записывают (при неизменной настройке резца и приспособления) показания индикатора. Разность показаний представляет собой погрешность размерной настройки после поворота пластины.

5. На резец устанавливают и закрепляют вторую пластину. При неизменной настройке приспособления и резца записывают показания индикатора. Индикатор покажет погрешность размерной настройки при замене пластин классов допусков А или Р.

6. Действия аналогичные п. 3-5 повторяют для резца 2 со схемой крепления рис. 1, б.

7. Результаты замеров и расчетов записывают в табл. 2.

8. Сделать соответствующие выводы.

### 3.3. Содержание отчета

В отчете указывают цель и содержание работы, допуск инструмента, методику выполнения работы, запись результатов измерений (табл. 2) и выводы, подкрепленные расчетными и экспериментальными данными.

Таблица 2

### Результаты измерений

Номер п/п	Измеряемый или рассчитываемый параметр	Полученные значения параметра, мм
1.	Размеры первой пластины: $d_1, K_1, S_1$	
2.	$m_1 = (K_1 - d_1)/2$	
3.	Размеры второй пластины: $d_2, K_2, S_2$	
4.	$m_2 = (K_2 - d_2)/2$	
5.	Погрешность эталона: $\delta = L - L_\phi$	
6.	Показания индикатора настроенного приспособления для резца 1 с первой пластиной: $\delta_{111}$	
7.	То же, после поворота и закрепления пластины: $\delta_{112}; \delta_{113}; \delta_{114}$	

8.	Показание индикатора настроенного приспособления для резца 1 со второй пластиной: $\delta_{121}$ То же, после поворота и закрепления пластины: $\delta_{122}; \delta_{123}; \delta_{124}$	
9.	Параметры, аналогичные п. 4-6 для резца 2: $\delta_{211}; \delta_{212};$ $\delta_{213}; \delta_{214}; \delta_{221}; \delta_{222}; \delta_{223}; \delta_{224}$	
10.	Погрешность длины резца 1 после поворота первой пластины:	
11.	$\delta_{1п} = \delta_{11 \max} - \delta_{11 \min}$	
12.	Погрешность длины резца 1 после замены первой пластины на вторую:	
	$\delta_{13} = \delta_{12 \max} - \delta_{11 \min}$	
	Погрешность длины резца 2 после поворота первой пластины:	
	$\delta_{2п} = \delta_{21 \max} - \delta_{21 \min}$	
	Погрешность длины резца 2 после замены первой пластины на вторую:	
	$\delta_{23} = \delta_{22 \max} - \delta_{21 \min}$	

#### 4. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Какая схема установки и класс допусков пластин пригодны для бесподналадочной замены многогранных твердосплавных пластин?

2. Какие пластины пригодны для бесподналадочной замены в режущих инструментах?

3. Какие схемы установки пластин существуют?

## Работа №3

## 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 трудоёмкость изготовления инструмента и повышает его качество.

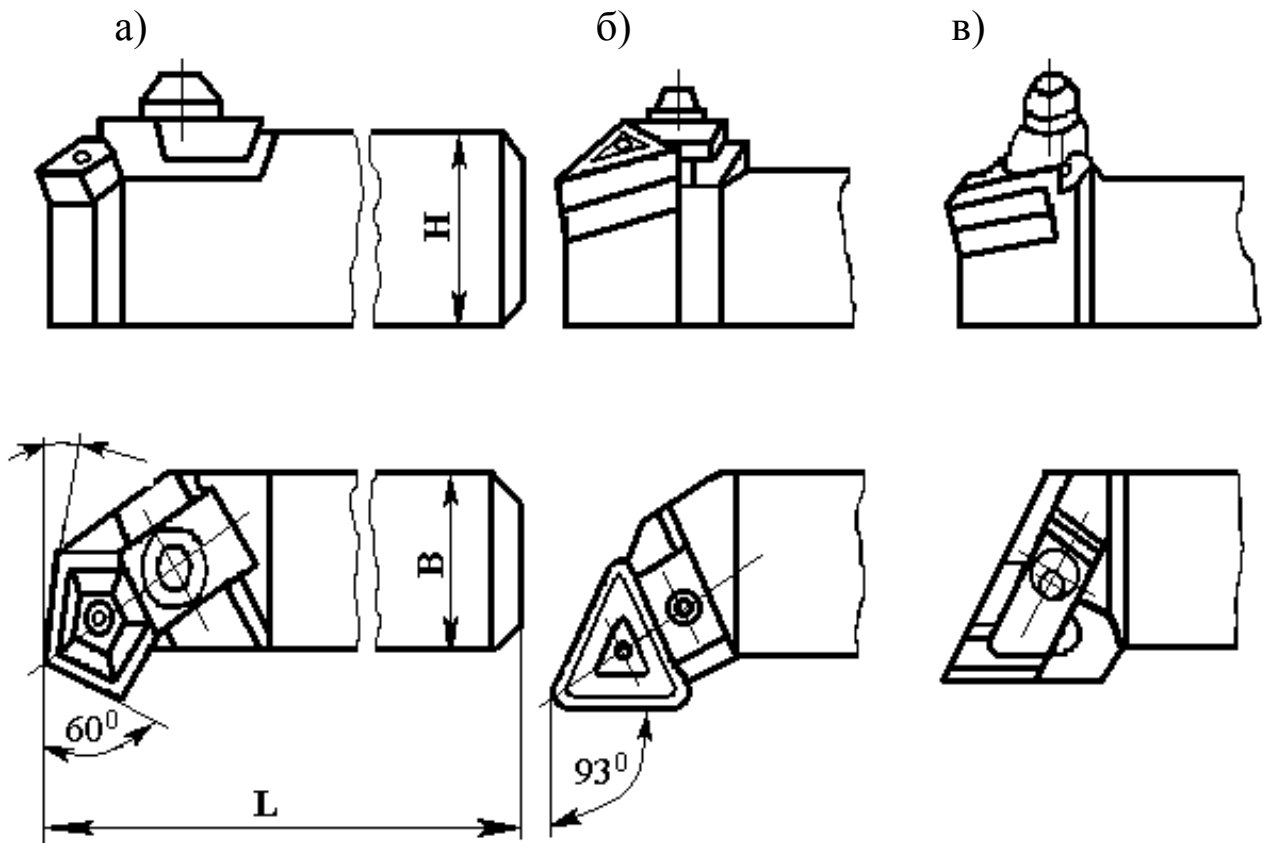


Рис. 1. Резцы со сменными многогранными пластинами:  
а – пятигранный; б – трёхгранный; в – параллелограмм



## 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 четырём 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  $\alpha>0$ .

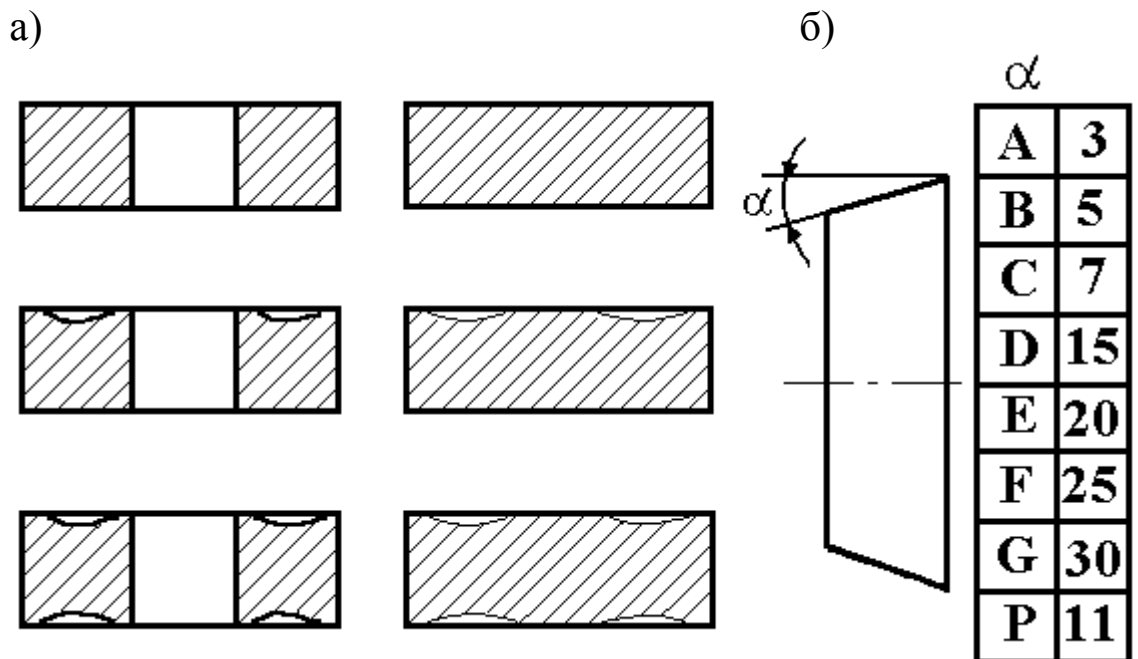


Рис .2. Сменные многогранные пластины:  
а – тип пластины; б – значение заднего угла

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.

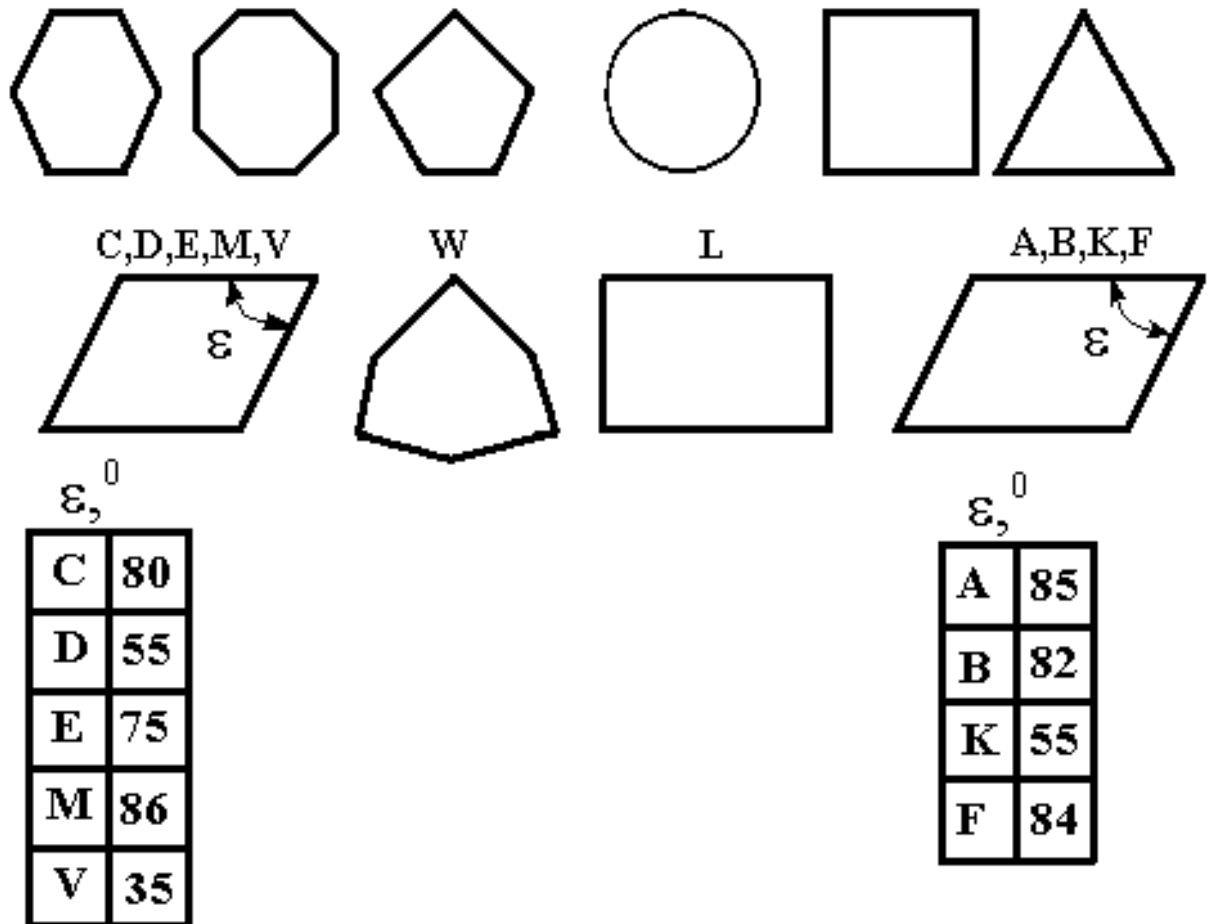


Рис. 3. Форма сменных многогранных пластин

По виду режущей кромки пластины делят на острые F – ( $r_n \leq 0,002$ ); скруглённые – E; с фаской – T; 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

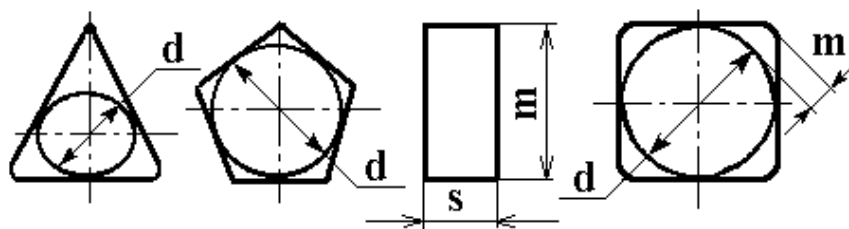
Вид обработки	Пластина				
	T	W	C	S	B
Чистовая	4	2	4	3	5
Получистовая	4	3	5	4	4
Черновая	2	3	4	5	2
Точение по корке	2	3	4	5	1
Прерывистая	2	2	4	5	1

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	$\pm 0,08...0,18$ $\pm 0,13...0,38$		$\pm 0,050...0,130$ $\pm 0,080...0,250$
U			

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



б)

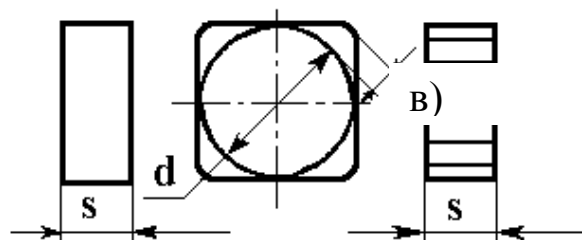


Рис. 4. Размеры, определяющие точность пластин:

а – с нечётным числом граней б – с чётным числом граней; в – с фаской

Для обозначения СМП применяют 13 – разрядный индекс, причём 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 твёрдых сплавов, сверхтвёрдых материалов (СТМ) и минералокерамических сплавов. Для обработки железоуглеродистых сталей и сплавов используют пластины вольфрамокобальтовой (ВК), вольфрамотитанокобальтовой (ВТК) и вольфрамотитанотаналокобальтовой (ВТТК) групп.

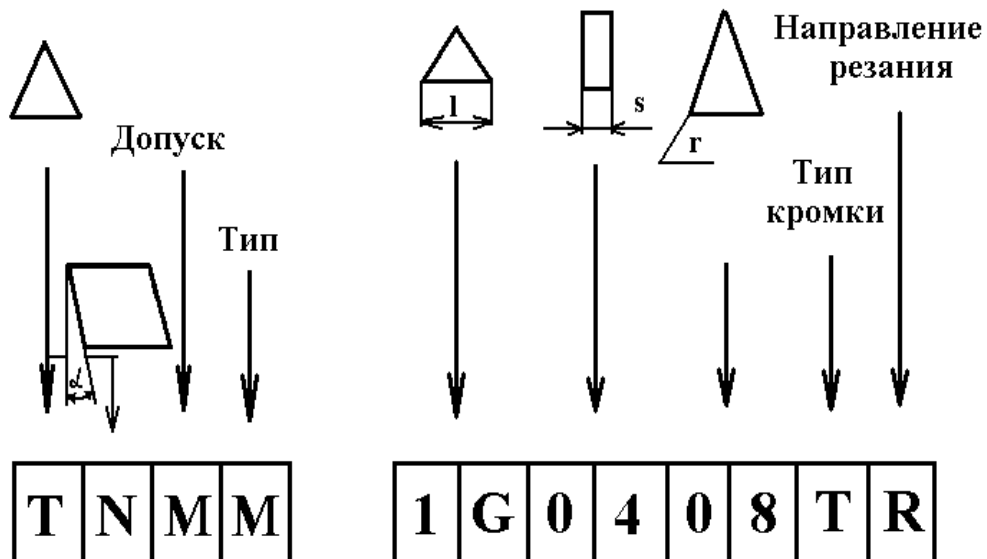


Рис. 5. Обозначение пластины

Резцы, оснащённые пластинами из СМТ (на основе алмаза и кубического нитрида бора), используют на операциях получистового и чистового точения закалённых сплавов и твёрдых сплавов взамен операции шлифования. Гамма выпускаемых промышленностью СМТ 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 закалённых 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, силенит-Р). Использование минералокерамики ограничивается пониженной прочностью на изгиб (550...750 МПа) по сравнению с твёрдыми сплавами (750..1500 МПа), поэтому наиболее эффективно применение минералокерамики для обработки сталей с твёрдостью  $HRC_{\text{э}}=30 \dots 65$  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 трём основным схемам крепления: прижим сверху; через отверстие и клином.

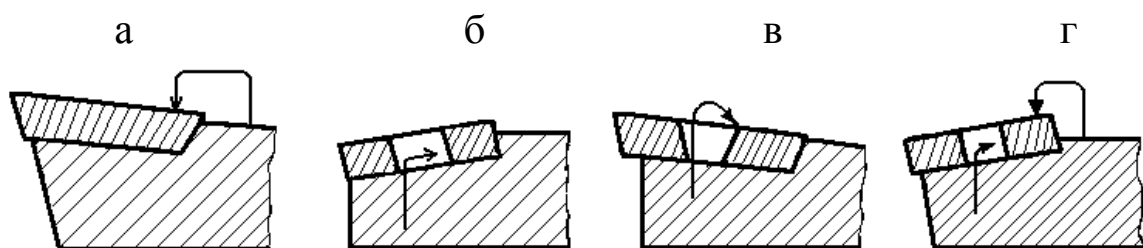


Рис. 6. Схемы механического крепления режущих пластин:

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.

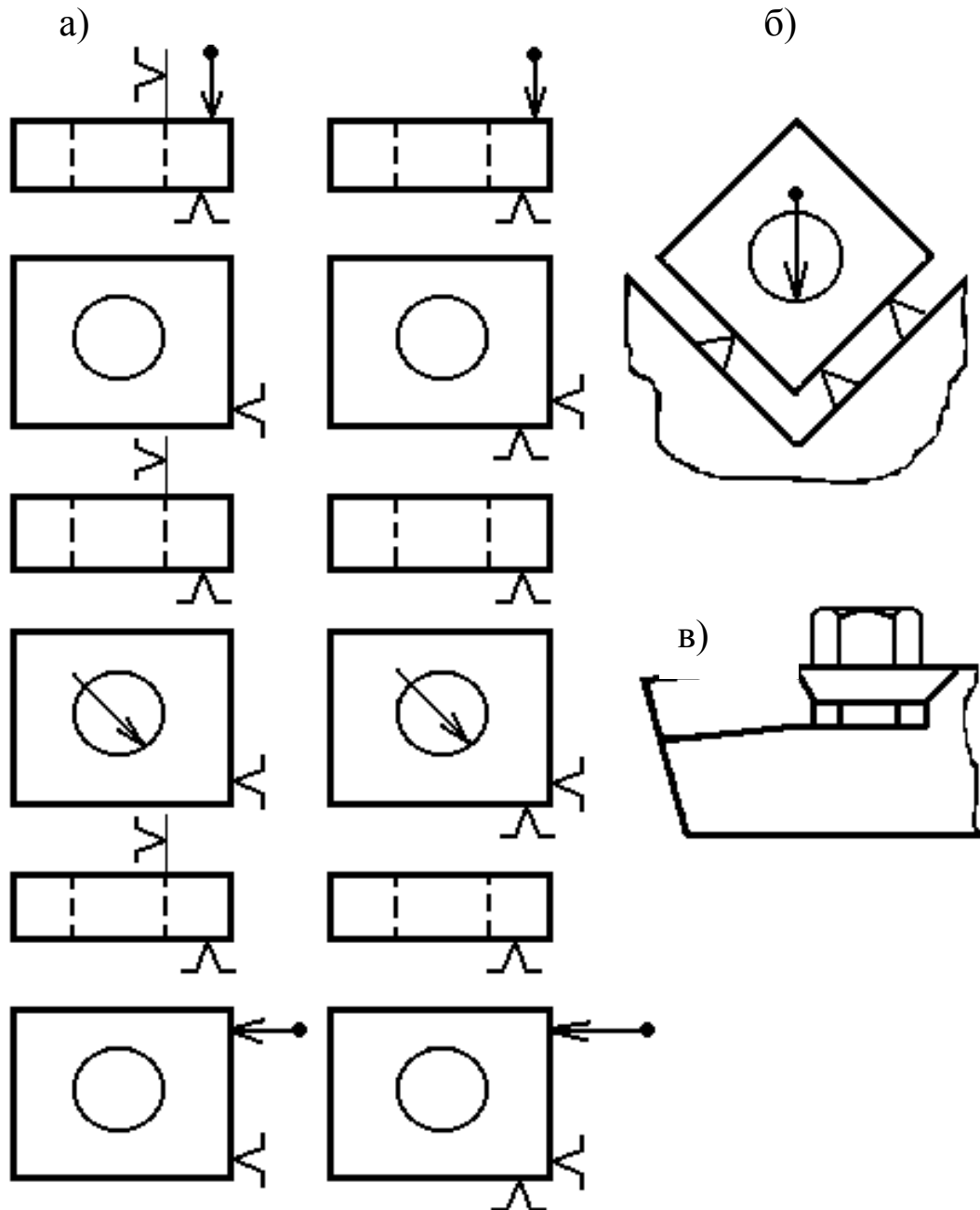


Рис. 7. Способы установки и зажима пластин:  
а – классификация способов; б – способ 22; в – способ 13

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

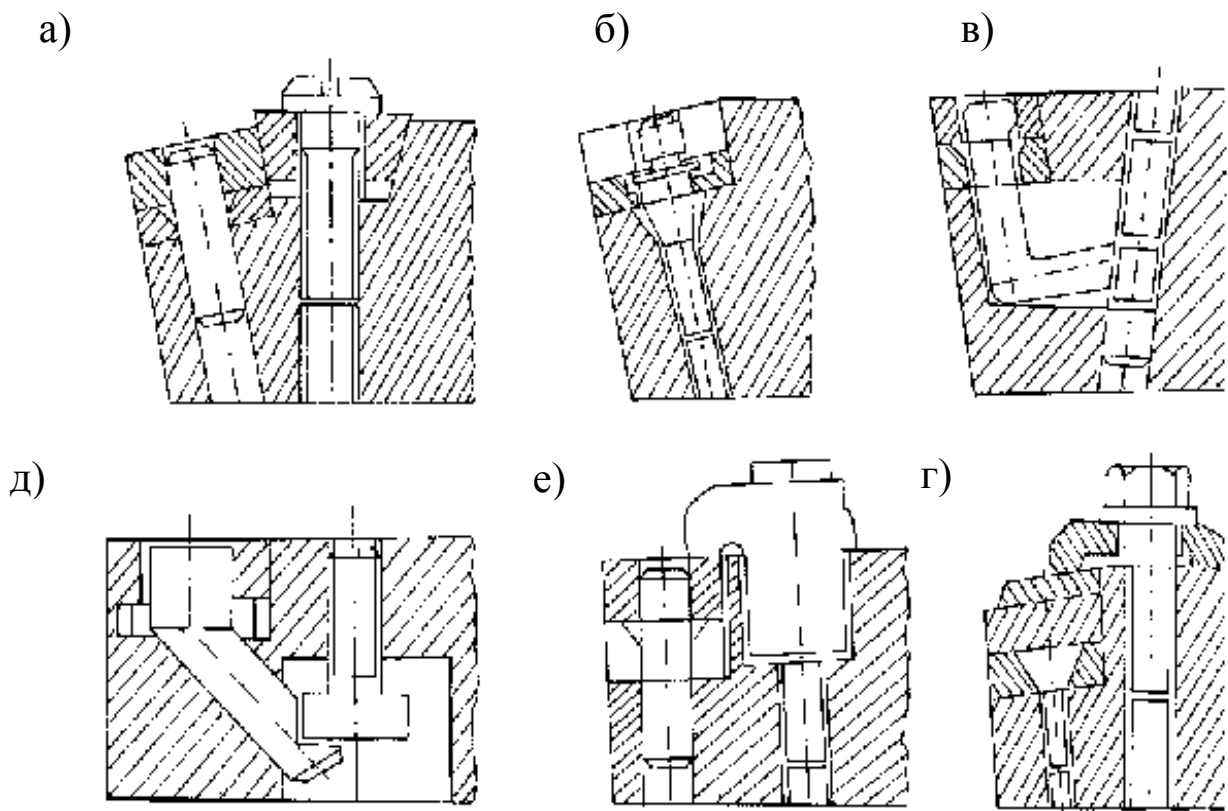


Рис. 8. Варианты установки и зажима пластины:

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 квалитета 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 пла-

стины крепят к державке путём припаивания, приклеивания и механическим способом.

При выборе способа установки и применения пластин учитывают вид обработки. При черновой обработке необходимо обеспечить надёжность 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 ( $\gamma$ ;  $\alpha$ ;  $\alpha_1$ ;  $\lambda$ ;  $\phi$ ;  $\phi_1$ ).

### 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  $\phi=95^\circ$  (поз. 2) с ромбической пластиной с углом при вершине  $80^\circ$ ?
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.



## Работа №4

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЖУЩЕГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ПОДАТЛИВОСТЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ БЛОКОВ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – исследование влияния конструкции и точности изготовления присоединительных поверхностей инструментальных блоков на их подвижность.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Погрешности размеров деталей, вызываемые деформацией инструментальных блоков, составляют более половины суммарной погрешности обработки, поэтому жесткость (или обратная ей величина – податливость) инструментальных блоков является важнейшей характеристикой качества вспомогательного инструмента.

Вспомогательный инструмент как элемент технологической оснастки под действием сил резания испытывает деформацию двух видов: объёмную деформацию деталей (изгиб, кручение) и деформацию контактных поверхностей (смещение на краю стыков и поворот осей контактных поверхностей) в местах соединений. Первый вид деформаций определяется по формулам курса "Соппротивление материалов". Контактная жесткость также определяет величину деформации в месте приложения сил и зависит от конструкции и точности изготовления присоединительных поверхностей.

Контактную деформацию в местах стыка под действием силы  $P$ , приложенной на расстоянии  $L$  от конца стыка, определяют по формуле

$$y = \delta_0 + \theta L, \quad (1)$$

где  $\delta_0$  – смещение на краю стыка в результате контактной податливости;  $\theta$  – угол поворота в стыке.

Для расчета величин  $\delta_0$  и  $\theta$  имеются формулы, учитывающие конструкцию, размеры присоединительных поверхностей и величину действующих сил. Однако формулы не учитывают точность изготовления присоединительных поверхностей и вследствие этого дают значительно заниженную величину контактных деформаций.

Вследствие незначительной величины  $\delta_0$  ею часто пренебрегают. В этом случае контактная деформация

$$y = \theta L, \quad (2)$$

Для хвостовиков с конусами Морзе

$$\theta = [(0,2P\beta^2)/\pi D](2\beta L + 1), \quad (3)$$

$$\beta = (1/13D^3)^{1/4} \quad (4)$$

где  $P$  – приложенная сила;  $L$  – расстояние от точки приложения силы до торца соединения;  $D$  – номинальный диаметр конуса Морзе на торце стыка

Величина деформации блока зависит от числа присоединительных поверхностей и может быть рассчитана как сумма объемных и контактных деформаций по формуле

$$Y_{\delta} = \sum_1^{n_1} \frac{PL_1^3}{3EI_1} + \sum_1^{n_2} \theta_1 l_1, \quad (5)$$

где  $n_1$  – число элементов инструментального блока, подвергающихся объемной деформации;  $n_2$  – число стыков в блоке;  $L_i$  – длина элементов блока с объемной деформацией;  $l_i$  – длина элементов блока с контактной деформацией;  $P$  – нагружающая сила;  $E$  – модуль продольной упругости ( $E = 2,1 \times 10^2$  ГПа),  $I_i$  – осевой момент инерции рассматриваемого сечения блока.

Податливость инструментального блока  $\Pi = y_{\delta}/P$  (мкм/Н).

Перекося оси контрольной оправки на 1 мм ее длины

$$\theta = [\delta_0 - (\delta_{\epsilon} + PI/3EI)]/100 \quad (6)$$

### 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### 3.1. Оборудование и инструменты:

1. Горизонтально-фрезерный станок 6Р82.
2. Переходная втулка 7:24 для инструмента с конусом Морзе и лапкой.
3. Три контрольные цилиндрические оправки №№ 1,2,3 диаметром 23.9 мм с конусом Морзе 3 и лапкой. Общая длина оправки 225 мм. Биение цилиндрической части оправки относительно конуса Морзе не более 0.01 мм.  
Степени точности конуса Морзе у оправок №1-АТ6; №2-АТ7; №3-АТ8.
4. Державка с конусом 50 для регулируемых патронов втулок и оправок с цилиндрическим отверстием диаметром 36 мм
5. Три контрольные цилиндрические оправки №№ 4,5 и 6 диаметром 23.9 мм с цилиндрическим хвостовиком диаметром 36 мм и длиной 116 мм. Общая длина оправки 225 мм.  
Биение диаметра 23.9 мм относительно хвостовика должно быть не более 0.01 мм. Размеры диаметров хвостовиков: для оправки №4 –  $36^{-0.02}$  мм, для оправки №5 –  $36_{-0.04}^{-0.03}$  мм, для оправки №6 –  $31^{-0.06}$  мм.
6. Два индикатора со стойками с ценой деления 0.002 мм.
7. Динамометр ДОС М13.
8. Стойка для установки динамометра.

#### 3.2. Порядок выполнения работы:

1. С хобота станка снимают кронштейн с подшипниками и сдвигают его в направлении шпинделя в крайнее положение.
2. В шпинделе станка устанавливают переходную втулку с конусом 7:24 и затягивают её.
3. В переходную втулку устанавливают контрольную шпиндельную оправку №1.
4. Устанавливают стойку с динамометром так, чтобы точка приложения силы находилась на расстоянии 100 мм от торца оправки (см. рисунок).
5. Устанавливают стойки с индикатором так, чтобы их наконечники находились на торце переходной оправки (инди-

катор №1) и на контрольной оправке в сечении приложения силы. Наконечники индикаторов плоские. Индикаторы устанавливают в диаметральной горизонтальной плоскости блока.

6. Динамометром нагружают блок силой  $P=1$  кН. Снимают показания индикаторов.

7. Последовательно в переходную оправку устанавливают контрольные оправки №2 и 3, нагружают их и снимают показания индикаторов.

8. В шпинделе станка устанавливают державку с конусом 50 и затягивают её.

9. Последовательно в державку устанавливают контрольные оправки №4-6. Устанавливают индикаторы №1 и 2, динамометр и нагружают блок силой 1 кН. Снимают показания индикаторов для каждой из оправок

10. Запись и обработку полученных данных производят в соответствии с таблицей. По данным таблицы определяют влияние конструкции и точности изготовления соединительных поверхностей режущего и вспомогательного инструмента на податливость инструментальных блоков.

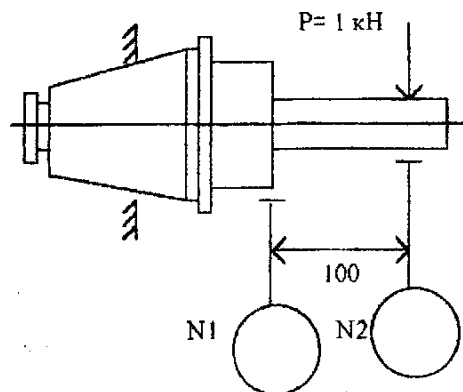


Рисунок 1. Схема измерений

Таблица 1. Результаты измерений

Номер по порядку	Измеряемый или рассчитываемый параметр	Полученное значение параметра, мм
1	Показание $\delta_{01}$ , $\delta_{0в}$ индикаторов №1 и 2 для контрольной оправки №1	
2	Перекос $\theta_{01}$ оси контрольной оправки №1 на 1 мм её длины (см. формулу 6)	

3	Податливость, мкм/Н, инструментального блока с контрольной оправкой №1 $\Pi=y_6/P$	
4	Податливость, мкм/Н, контрольной оправки №1 $\Pi_{o1}=(d_{o1} - d_{в1})/P$	
5...20	Измерения и расчеты, аналогичные п. 1-4, приводятся для оправок №№ 2-6	

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете указывают формулировку задания и цель работы, эскизы переходной втулки, державки, контрольных оправок №№1-3 и 4-6, схему измерений и запись результатов с необходимыми расчетами (см. таблицу).

Указывают выводы о влиянии конструкции и точности изготовления хвостовиков инструмента на податливость инструментальных блоков. Указывают, для каких инструментов можно рекомендовать исследованные конструкции присоединительных поверхностей режущего и вспомогательного инструмента. Сравнивают расчетную (формула 5) и экспериментальные величины перекоса оси контрольных оправок №№1-3.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите виды деформаций под действием сил резания.
2. Что понимают под объемной деформацией?
3. Что понимают под деформацией контактных поверхностей?
4. Чему равна контактная деформация?
5. От чего зависит величина деформации инструментального блока?
6. Чему равна податливость инструментального блока?

Работа №5

# ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Практически ознакомиться с основными типами зуборезных долбяков.

1.2. Изучить конструктивные и геометрические параметры зуборезных долбяков и способы их измерения.

## 2. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

2.1. Зуборезные долбяки предназначены для нарезания зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес и относятся к зуборезным инструментам, работающим по методу обкатки (огибания).

В соответствии с ГОСТ 9323-60 долбяки изготавливают пяти типов (рис. 1) и трех классов точности: АА (прецизионные), А и В. Долбяки класса АА предназначены для нарезания колес 6-й степени точности, класса А – 7-й степени точности и класса В – 8-й степени точности.

Долбяки хвостовые прямозубые (тип IV) изготавливаются классов точности А и В, а косозубые (тип V) – только класса В.

Долбяки дисковые прямозубые (тип I), чашечные прямозубые (тип III) с делительными диаметрами – 75, 100, 125, 160, 200 мм изготавливаются трех классов точности (АА, А и В). Долбяки косозубые дисковые (тип II) и прямозубые чашечные (тип III) с делительным диаметром – 50 мм изготавливаются только классов точности А и В.

Долбяки всех типов и всех классов точности изготавливаются из быстрорежущих сталей по ГОСТ 19265-73 с баллом карбидной неоднородности не более 3 единиц.

Хвостовые долбяки изготавливаются сварными – режущая часть из быстрорежущих сталей, хвостовая – из стали марок 45 или 40Х.

2.2. Зуборезный долбяк в каждом элементарном сечении, перпендикулярном его оси, представляет зубчатое колесо с коррегированным профилем (кроме исходного сечения), снабженное передними и задними углами резания, режущими кромками, элементами базирования и крепления его на станке.

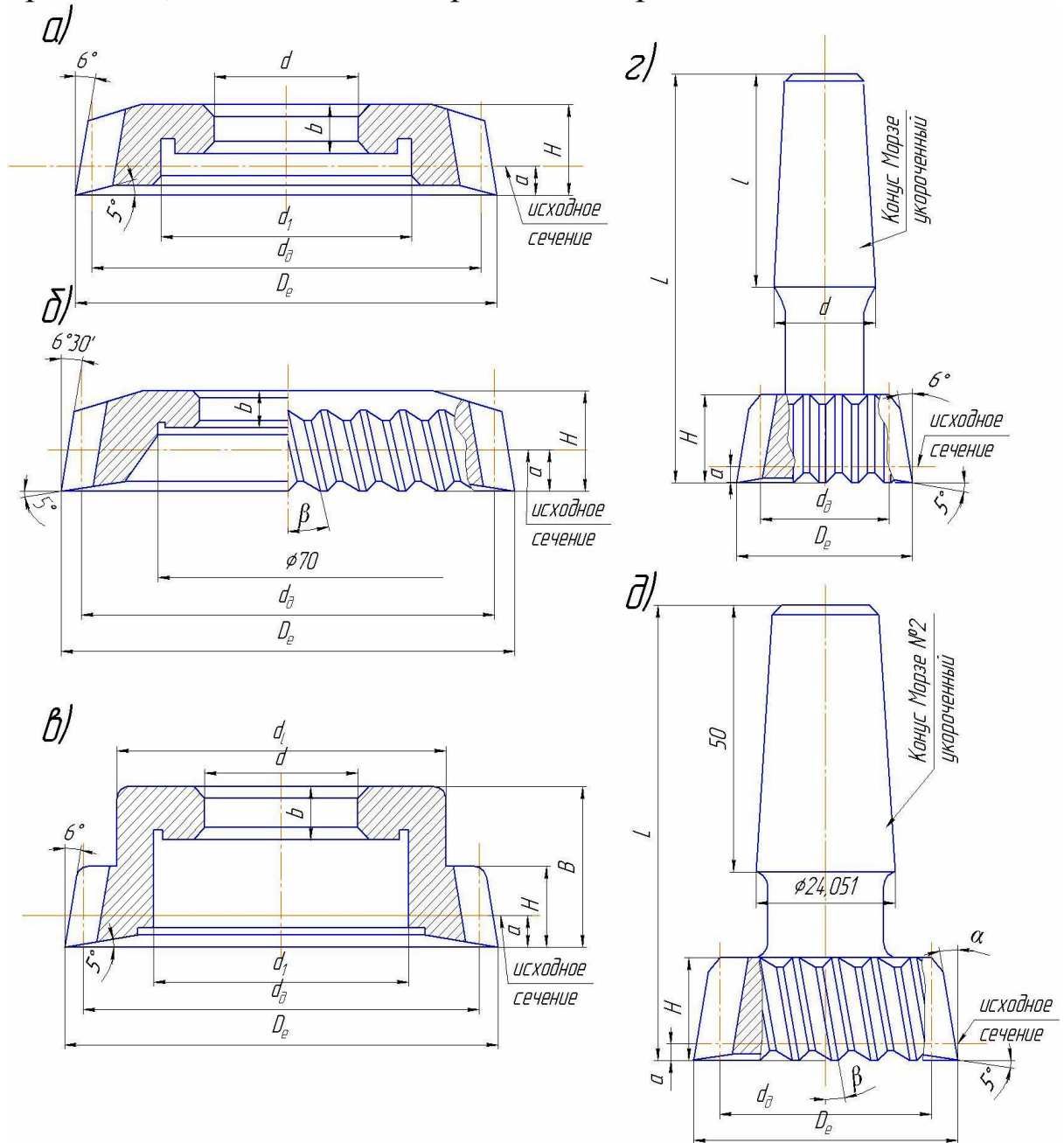


Рис. 1. Стандартные типы долбяков: а – дисковый прямозубый долбяк; б – дисковый кривонозубый долбяк; в – чашечный прямозубый долбяк; г – хвостовой прямозубый долбяк; д – хвостовой кривонозубый долбяк

Зацепление нарезаемого колеса и долбяка аналогично зацеплению двух эвольвентных колес, но имеет свои особенности, диктуемые следующими требованиями:

- обеспечение высокопроизводительного процесса резания;
- соблюдение условий обкатки после многократных переточек долбяка по передней поверхности;
- сохранение необходимой точности изготавливаемых зубчатых колес переточенным многократно долбяком.

Для выполнения перечисленных требований режущие кромки долбяка (одна периферийная – 1 и две боковых – 2) снабжаются передними и задними углами (рис. 2). В процессе эксплуатации зубья долбяка изнашиваются и периодически перетачиваются для восстановления своей режущей способности только по передней грани. После каждой переточки режущие кромки будут располагаться в новом сечении долбяка.

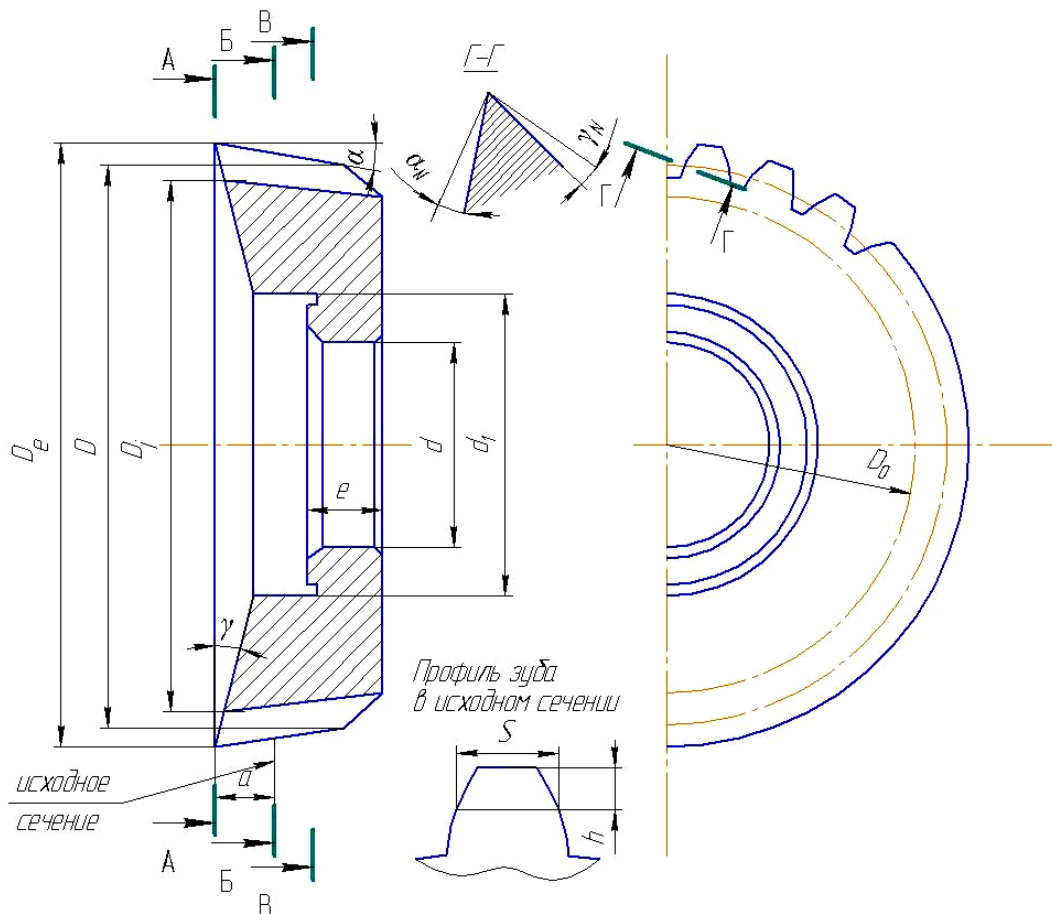


Рис. 2. Эскиз дискового долбяка



Необходимым условием является необходимость нарезания, как новым, так и сточенным долбяком зубчатых колес без нарушения теории эвольвентного зацепления.

Зубья данного долбяка в любом сечении очерчены по одной и той же эвольвенте (диаметр основной окружности у долбяка один). По мере перетачивания долбяка в работу резания и в зацепление с нарезаемым колесом вступают все новые участки одной и той же эвольвенты.

Зуб долбяка в любом сечении, перпендикулярном к оси, имеет один и тот же исходный контур профиля, который определяется диаметром основной окружности ( $d_{во}$ ) и профильным углом инструмента ( $\alpha_{по}$ ):

$$d_{во} = d_o \cdot \cos \alpha_{по} = m \cdot z_o \cdot \cos \alpha_{по}. \quad (1)$$

Профильный угол долбяка  $\alpha'_o$  в общем случае не равен профильному углу нарезаемого колеса из-за наличия на инструменте переднего  $\gamma_{ao}$  и заднего  $\alpha_{по}$  углов резания на вершине зуба:

$$\operatorname{tg} \alpha'_o = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{1 - \operatorname{tg} \alpha_{ao} \cdot \operatorname{tg} \gamma_{ao}}. \quad (2)$$

Значение переднего угла  $\gamma_{ao}$  выбирается в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала детали. У стандартных долбяков передний угол на вершине зуба выбран равным  $\gamma_{ao} = 5^\circ$ .

Задний угол  $\alpha_{ao}$  влияет на процесс резания и оказывает значительное влияние на интенсивность изменения коррекции долбяка в ходе его переточек.

Задний угол на боковых режущих кромках, измеренный в главной секущей плоскости  $\Gamma-\Gamma$  (рис. 2), связан с углом при вершине следующей зависимостью:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_{ao} \cdot \sin \alpha_{по}. \quad (3)$$

Из условий создания нормального процесса резания наименьший допустимый задний угол в любой точке боковой режущей кромки зуба инструмента не должен быть меньше 2-3°. Этому условию удовлетворяет задний угол при вершине долбяка  $\alpha_{ao} = 6^\circ$ .

На рис. 2 показан зуб долбяка в различных сечениях:

- нового долбяка ( $A-A$ ), где смещение исходного контура является положительным

$$x = +\zeta \cdot m; \quad (4)$$

- исходного ( $B-B$ ), где смещение исходного контура рейки равно нулю

$$x = \zeta \cdot m = 0, \quad (5)$$

т. е. в сечении размеры зубьев долбяка (высота головки зуба, высота ножки зуба, толщина зуба) равны соответствующим размерам исходного контура инструментальной рейки;

- сточенного долбяка ( $C-C$ ), где смещение исходного контура является отрицательным

$$x = -\zeta \cdot m. \quad (6)$$

Исходное сечение отстоит от сечения нового долбяка на величину

$$A = \frac{\zeta \cdot m}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{ao}}} = \frac{d_{\text{ao}} - d_{\text{аисх}}}{2 \operatorname{tg} \alpha_{\text{ao}}}, \quad (7)$$

где  $\zeta$  – коэффициент смещения исходного контура;  $d_{\text{ao}}$  – диаметр окружности выступов в сечении нового долбяка;  $d_{\text{аисх}}$  – диаметр окружности выступов в исходном сечении;  $m$  – модуль долбяка.

Наружный диаметр долбяка в исходном сечении

$$d_{\text{аисх}} = d_o + 2(f' + c')m, \quad (8)$$

где  $f'$  и  $c'$  – коэффициенты высоты головки зуба долбяка и радиального зазора;  $(f' + c') = 1,25$  – для долбяков с большими числами зубьев;  $(f' + c') = 1,3$  – для долбяков с малыми числами зубьев;  $d_o$  – делительный диаметр долбяка.

2.3. Размеры долбяка по передней поверхности определяются следующим образом:

- толщина зуба по дуге делительной окружности

$$S'_o = \frac{\pi m}{2} + \Delta S + 2A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{ao}} \cdot \operatorname{tg} \alpha'_o, \quad (9)$$

где  $\alpha_{\text{ao}}$  – задний угол на вершине зуба долбяка;  $\alpha'_o$  – профильный угол долбяка;  $\Delta S$  – обязательное утолщение долбяка, выбирается по табл. 1;

- высота головки зуба

$$h'_{ao} = (f' + c')m + A \cdot tg\alpha_{ao}; \quad (10)$$

- диаметр окружности выступов

$$d'_{ao} = d_o + 2h'_{ao}; \quad (11)$$

- диаметр окружности впадин

$$d'_{fo} = d_o - 2h'_{fo}. \quad (12)$$

Таблица 1

<i>m</i>	1...1,5	2...2,5	3...3,5	4...4,5	5...6	7...8	9...10	11...12
$\Delta S$	0,09	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,2

2.4. Размеры зуба долбяка в исходном сечении, проставляемые на рабочем чертеже долбяка:

- толщина зуба по дуге делительной окружности

$$S_{oисх} = \frac{\pi m}{2} + \Delta S_{ao}; \quad (13)$$

- высота головки зуба

$$h_{aoисх} = (f' + c')m. \quad (14)$$

### 3. ОБОРУДОВАНИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

При проведении лабораторной работы применяется следующее оборудование и измерительный инструмент:

- прибор для проверки изделий на биение в центрах типа ПБМ-500;

- оптическая делительная головка;

- штангенциркуль Ш-П-250-0,05 ГОСТ 166-73;

- нутромер НИ 18-60, 50-100 ГОСТ 868-72;

- микрометр МРИ ГОСТ 4381-68;

- угломер с нониусом УМ ГОСТ 5378-66;

- зубомер для измерения толщины зуба по делительному диаметру.

### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Для выполнения работы необходимо на эскизе долбяка (см. рис. 2) проставить все измеренные размеры, обозна-

чение элементов долбяка, методы и средства их измерения приведены в табл. 2.

Таблица 2

№	Обозначение	Наименование	Метод измерения или определения
1	$m$	Модуль	по маркировке
2	$z$	число зубьев	подсчетом
3	$d_o$	диаметр основной окружности	по формуле (1)
4	$\alpha'_o$	профильный угол долбяка	по формуле (2)
5	$\alpha_N$	задний угол в главной секущей плоскости	по формуле (3)
6	$A$	исходное расстояние	по формуле (7)
7	$d'_{fo}$	диаметр делительной окружности	по формуле (12)
8	$d_o$	диаметр окружности впадин	по формуле (8)
9	$d_{аисх}$	диаметр окружности выступов в исходном сечении	по формуле (10)
10	$h'_{\alpha o}$	высота головки зуба в исходном сечении	по формуле (13)
11	$S_{gu}$	толщина зуба по дуге делительной окружности в исходном сечении	микрометром
12	$D_e$	наружный диаметр в плоскости передней поверхности	нутрометром
13	$d$	посадочный диаметр	штангенциркулем
14	$d_1$	диаметр выточки	штангенциркулем
15	$H$	высота долбяка	штангенциркулем
16	$S'_o$	толщина зуба по делительному диаметру в плоскости передней поверхности	по формуле (9) зубомером
18	$\alpha_{ao}$	задний угол на вершине	угломером
19	$\gamma_{ao}$	передний угол на вершине	угломером

#### 4.2. Измерение заднего и переднего углов на вершине зуба долбяка

При измерении  $\alpha_{a0}$  универсальный угломер устанавливается как показано на рис. 3, а. При этом базой для угломера является опорная плоскость А (торец долбяка) и отсчет угла  $\alpha_{a0}$  даст непосредственную величину. При измерении переднего угла  $\gamma_{a0}$  измеряется угол заострения  $\beta$  (рис. 3, б) и угол  $\gamma_{a0}$  подсчитывается по формуле

$$\gamma_{a0} = 90^\circ - (\beta + \alpha_{a0}). \quad (15)$$

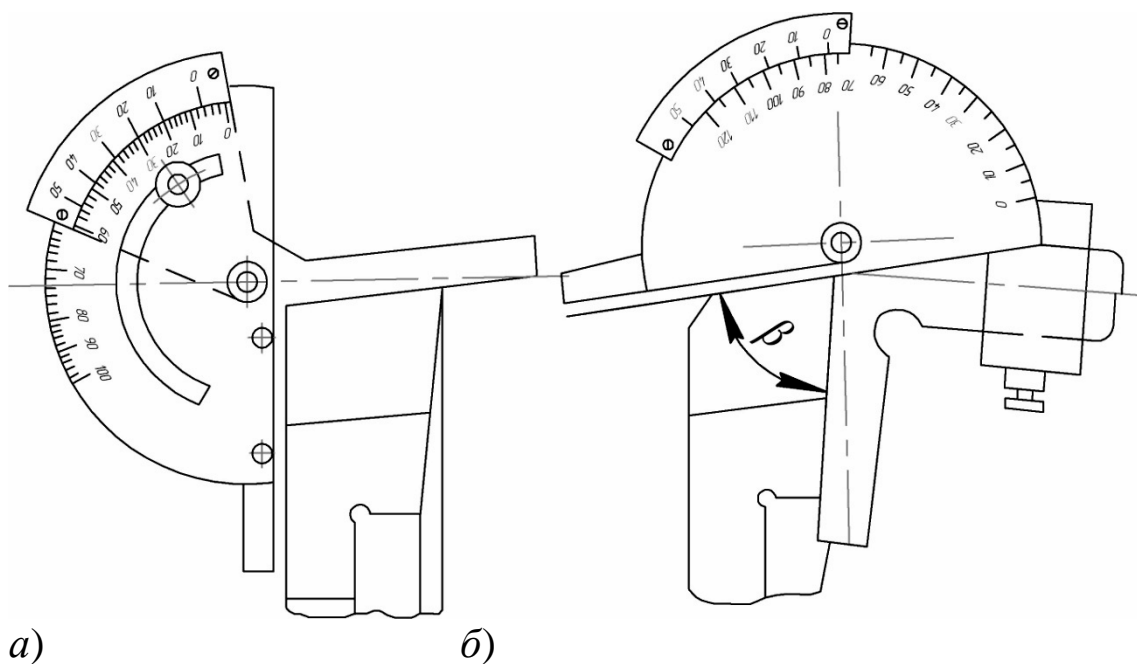


Рис. 3. Схема измерения угломером УМ:  
а – заднего угла  $\alpha_{a0}$ ; б – угла заострения  $\beta$

#### 4.3. Измерение толщины зуба по делительному диаметру на передней грани

Производится при помощи зубомера, как показано на рис. 4. Высота измерения ( $q$ ) должна быть расположена по делительной окружности долбяка и рассчитывается по формуле

$$q = \frac{d_{a0}}{2} - \frac{m \cdot z}{2} \cdot \cos \frac{y}{2}; \quad y = \frac{180}{z}. \quad (16)$$

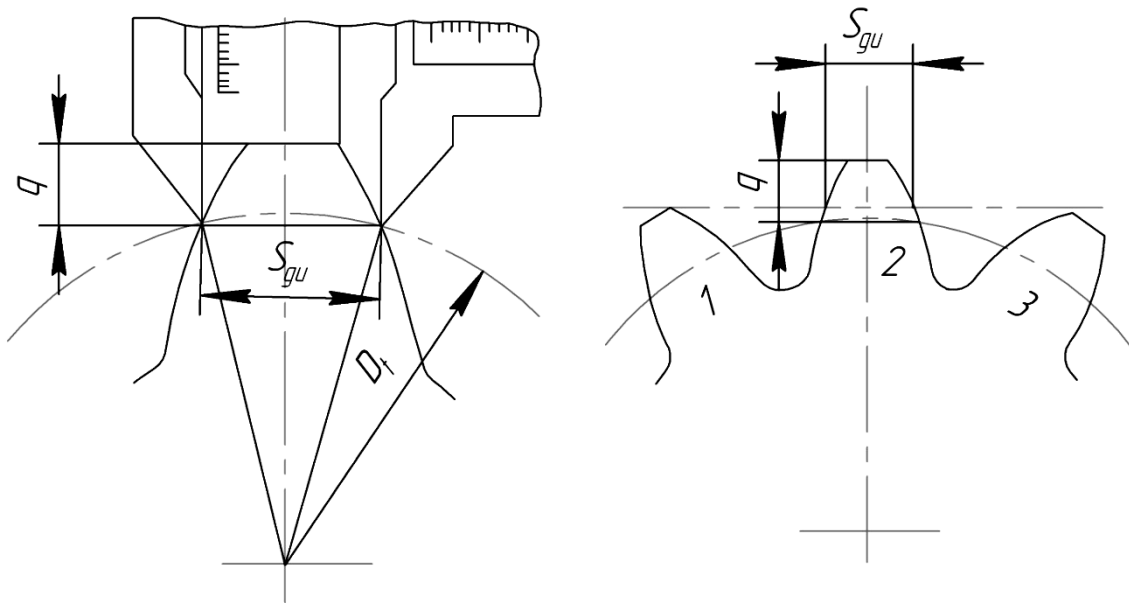


Рис. 4. Схема замера толщины зуба по делительному диаметру по передней грани

Высота отсчитывается на вертикальной шкале зубомера (рис. 4). Измерение производится на 4–5 зубьях. Результаты измерения заносятся в табл. 2.

4.4. Измерение радиального биения по вершинам зубьев долбяка ( $f_{ra_o}$ )

Погрешность определяется на приборе для проверки изделий на биение в центрах типа ПБМ-500. Долбяк закрепляется на оправке и устанавливается в центре прибора. К вершине зуба подводится индикатор и настраивается на нуль с созданием предварительного натяга, равного 1-2 мм. Проворачивая долбяк на  $360^\circ$ , производится фиксация отклонений по каждому зубу или через зуб. Данные заносятся в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Проверяемые параметры	Номера зубьев долбяка								
		1	2	3	4	...	...	...	$z-1$	$z$
1	2	3	4	5	6				$z+1$	$z+2$

Радиальное биение по вершинам зубьев долбяка  $f_{ra_o}$ , мкм.

Измеренное торцевое биение по передней грани  $f_{\gamma tr}$ , мкм.

Торцевое биение передней поверхности, определяемое на делительной окружности  $f_{\gamma t}$ , мкм.

Относительная погрешность каждого, мкм.

Средняя относительная погрешность, мкм.

Абсолютная погрешность каждого шага, мкм.

Накопленная погрешность окружного шага  $F_{po}$ , мкм.

4.5. Измерение торцевого биения по передней грани ( $f_{\gamma tr}$ )

Погрешность определяется аналогично предыдущему замеру (см. п. 4.4), но индикатор подводится к передней поверхности долбяка. По ГОСТ 9323-60 регламентируется торцевое биение передней поверхности, определенное на делительной окружности, поэтому

$$f_{\gamma tr} = f_{\gamma tr \text{ изм}} \cdot \frac{d_{\alpha o}}{d_{\text{изм}}}, \quad (17)$$

где  $f_{\gamma tr \text{ изм}}$  – измеренное биение;  $d_{\text{изм}}$  – диаметр, по которому производится замер биения.

4.6. Контроль накопленной погрешности окружного шага

Контроль производится на оптической делительной головке (рис. 5). На ней устанавливается дополнительное устройство. Оно состоит из кронштейна 1 и двух индикаторов 2 и 3. Приспособление устанавливается так, чтобы индикаторы располагались в горизонтальной плоскости, долбяк закрепляется на оправке.

Вращением штурвала каретка прибора перемещается до тех пор, пока ножки индикаторов не войдут во впадины зубьев долбяка. При этом ножки индикаторов должны находиться против одноименных сторон двух соседних зубьев. Поворотом долбяка боковая поверхность зуба прижимается к ножке индикатора 2 до тех пор, пока стрелка индикатора не установится на нулевой отметке. В этом положении снимаются показатели индикатора 3.

Отводом пиноли прибора ножки индикаторов выводятся из впадины зуба долбяка, и долбяк поворачивается на один зуб.

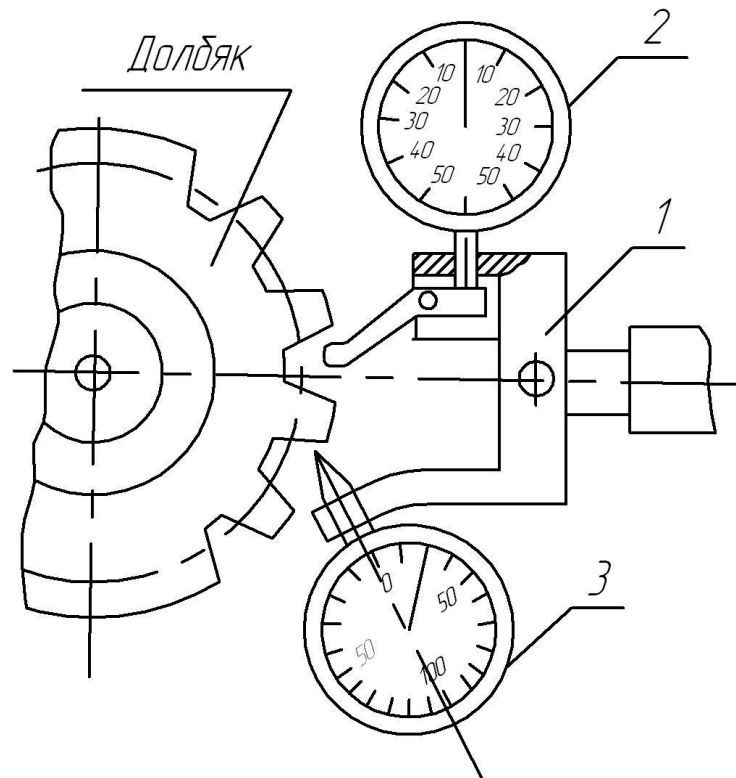


Рис. 5. Контроль накопленной погрешности окружного шага

Индикаторы мягко, без удара вводятся во впадину следующего зуба. Далее поворотом долбяка боковая поверхность зуба прижимается к ножке индикатора 2 и снимаются показатели индикатора 2 и снимаются показатели индикатора 3. Таким образом измеряются все зубья долбяка.

В результате измерения мы получаем относительную погрешность каждого шага. Накопленная погрешность определяется дополнительным расчетом.

Для этого определяем среднюю относительную погрешность

$$F_{po.cp} = \frac{\sum_1^z F_{po.отн}}{z}, \quad (19)$$

где  $\sum_1^z F_{po.отн}$  – алгебраическая сумма относительных погрешностей;  $z$  – число зубьев долбяка.



Для этого из каждой относительной погрешности вычитается средняя погрешность. После этого последовательным суммированием абсолютных погрешностей определяются накопленные погрешности между зубьями.

Накопленная погрешность окружного шага определяется как алгебраическая сумма между наибольшим и наименьшим отклонениями. Результаты замеров и расчета заносят в табл. 3.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе должен содержать эскиз долбяка с представленными размерами и заполненную таблицу 3.

## 6. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Для чего предназначен долбяк?
2. Перечислите типы долбяков.
3. По какой поверхности перетачивают долбяки?
4. Что понимают под сечением исходного контура?
5. Чему равен профильный угол долбяка?

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОФИЛЬ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является исследование влияния передних и задних углов на изменение радиального профиля фасонных резцов.

### 3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ФАСОННЫХ РЕЗЦАХ

Фасонные резцы – однолезвийные режущие инструменты, предназначенные для обработки наружных, внутренних и торцевых поверхностей разнообразного профиля.

Фасонные резцы широко используются в массовом и крупносерийном производстве и имеют по сравнению с обычными резцами ряд преимуществ.

Они обеспечивают:

1) идентичность форм, точность размеров деталей, так как они зависят не от квалификации рабочего, а в основном от точности изготовления резца;

2) высокую производительность вследствие значимого снижения машинного вспомогательного времени за счет сокращения пути резания при радиальной подаче и времени на установку и наладку резца;

3) высокую долговечность, благодаря большому количеству допускаемых переточек;

4) простоту заточки, так как их перетачивают только по передней поверхности.

Однако стоимость фасонных резцов значительно выше, чем простых фасонных резцов. Именно этот недостаток ограничивает область применения фасонных резцов крупносерийным и массовым производством.

Фасонные резцы подразделяют по форме на круглые и призматические; по виду обрабатываемой поверхности – на наружный и внутренние; по направлению подачи относитель-

но обрабатываемо детали – на радиальные и тангенциальные. Призматические резцы изготавливают только для обработки наружных поверхностей. Круглые резцы в основном работают с радиальной подачей и применяются для обработки как наружных так и внутренних поверхностей.

Профиль фасонного резца определяется в сечении нормальном к его задней поверхности. В этом сечении рассчитывают и задают размеры профиля и осуществляют его контроль. В то же время формообразующей поверхностью детали является режущая кромка. Профиль резца в нормальном сечении совпадает с линией режущей кромки только лишь при условии, что передний и задний углы равны 0, однако такой резец неработоспособен, так как задний угол не может быть равным 0. Наличие у резца переднего и заднего углов приводит к отличию профиля фасонного резца от профиля обрабатываемой детали.

В задачи данной лабораторной работы входят определение профиля фасонного резца по заданному профилю детали для различных значений заднего и переднего углов путем моделирования инструмента с помощью механического устройства и построения шаблона для контроля профиля, анализ полученных данных.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ

Для определения профиля фасонного резца по заданному профилю детали используется следующее оборудование:

1. специальное механическое устройство для графического профилирования экранного типа (рис. 1);
2. штангенрейсмус;
3. призмы с угловым наклоном  $15^\circ$  и  $30^\circ$ ;
4. миллиметровая бумага;
5. профили деталей, вычерченные на кальке в масштабе 5:1.

#### 4. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Исследование влияния на профиль резца заднего угла.

1. Выбираются 3 различные значения заднего угла  $\alpha$  в диапазоне  $10^\circ$ - $30^\circ$  при  $\gamma=0$ .

2. Наносится профиль детали с размерами (масштаб не менее 5:1) на листе миллиметровой бумаги.

3. Определяется расстояние ( $E$ ) от оси 0-0 до точки профиля детали с наименьшим диаметром

$$E = R \cdot \cos \alpha \cdot M, \quad (1)$$

где  $R_{\max}$  – радиус обрабатываемой детали,

$M$  – масштаб.

4. Закрепляют лист с профилем детали (см. рис1а) на плите 1 и лист кальки на экране 2.

5. С помощью штангенрейсмуса устанавливают экран 2 в горизонтальном положении на расстоянии  $B$  от плиты 1.

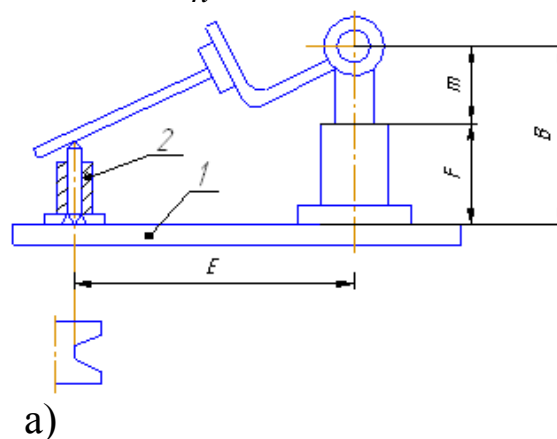
$$B = (F + R_U \sin \alpha) \cdot H \quad (2)$$

где  $F$  – высота следящего элемента (2),

$R_U$  – радиус фасонного резца.

Острые иглы следящего элемента должно находиться по высоте ниже горизонтального положения экрана на величину  $m$ , равную

$$n = R_n \cdot \sin \alpha \cdot M \quad (3)$$



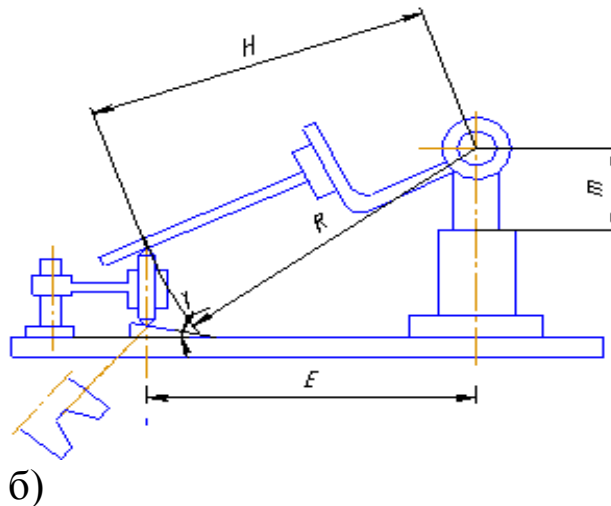


Рис. 1. Схема установки при определении профиля резца:  
а)  $\gamma=0$ ; б)  $\gamma \neq 0$ ;  $\alpha \neq 0$

1. Перемещая следящий элемент по контуру детали, отмечают характерные точки на кальке, закрепленной на экране.
2. Определяются размеры по высоте профиля резца  $t$  и составляется таблица размеров.
3. Вычерчивается шаблон для контроля профиля резца.
4. Сравниваются и анализируются профили резца, полученные для различных величин задних углов.

4.2. Исследование влияния на профиль резца заднего угла.

1. Принимаются следующие значения передних углов для  $15^\circ$  и  $30^\circ$ , при  $\alpha = \text{const}$ .
2. Вычерчивается профиль фасонного резца для  $\gamma=0$ ,  $\alpha=15^\circ$ , по методике изложенной выше.
3. Переносится лист кальки с вычерченным профилем на призму с углом наклона  $\gamma$  и устанавливают иглу следящего элемента с учетом размеров (рис. 1б), (3:4).

$$H = R_U \cdot \sin(\alpha + \gamma) \quad (4)$$

При этом точка профиля режущей кромки резца, лежащая на окружности минимального радиуса резца, должны находиться от оси 0-0 на расстоянии  $E$  (1).

4. Перемещая следящий элемент по контуру режущей кромки резца, лежащей в плоскости призмы, отмечают точки осевого профиля резца.

5. Определяются размеры по высоте профиля и вычерчивается шаблон.

6. Анализируются изменение профиля в зависимости от различных значений передних углов.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Какие резцы называются фасонными.

5.2. Какие преимуществами и недостатками обладают фасонные резцы.

5.3. Назовите причины искажения профиля резца.

### Работа №7

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Фрезерование, являлось высоко производительным процессом механической обработки, широко используется в современном машиностроении и приборостроении. При этом применяются различные виды фрез и фрезерных головок.

Данная работа имеет целью ознакомить студентов о конструктивными элементами цельных, сборных, острозаточенных и затылованных фрез, а также с методами контроля геометрии режущих лезвий.

### 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ФРЕЗАХ, ИХ ТИПЫ И НАЗНАЧЕНИЕ

Фреза представляет собой тело вращения, на поверхности которого выполнены режущие зубья. В процессе фрезерования осуществляется два движения: вращение фрезы вокруг своей оси – главное движение (движение резания) и движение подачи. При фрезеровании плоских поверхностей движение

подачи – поступательное, при фрезеровании винтовых поверхностей – винтовое. Обычно скорость движения подачи перпендикулярна к оси фрезы.

По характеру крепления зубьев различают фрезы цельные и сборные. Сборными изготавливаются фрезы диаметром свыше 80–100 мм.

По способу крепления ножей различают сборные фрезы:

- Разъемные:

А) со вставными ножами;

Б) с механическим креплением к корпусу пластинок твердого сплава.

- Неразъемные:

В) с припаянными к корпусу пластинами твердого сплава.

По способу крепления фрез:

А) насадные;

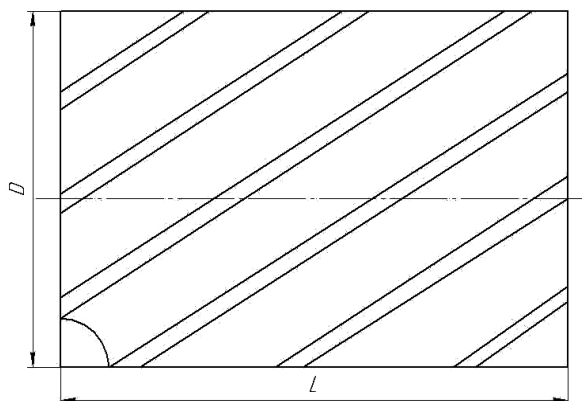
Б) хвостовые.

По форме зубьев:

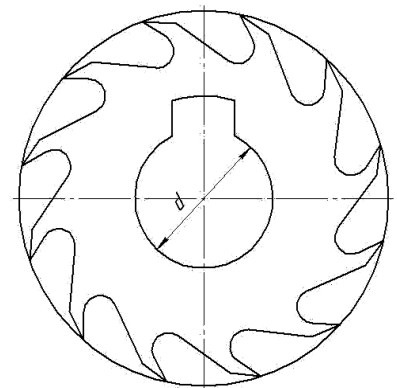
А) фрезы с острозаточенными зубьями;

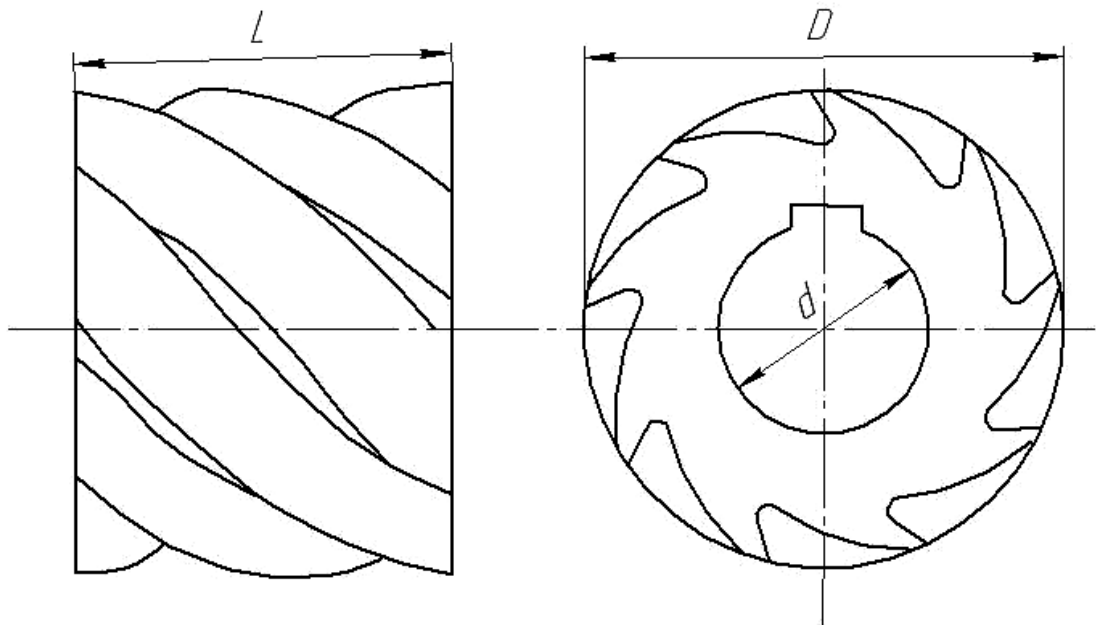
Б) фрезы с затылованными зубьями.

2.1. Цилиндрические фрезы применяются при обработке плоскостей на горизонтально-фрезероальных станках. Такие фрезы представляют собой цилиндр, на наружной поверхности которого образованы режущие зубья (рис. 1).



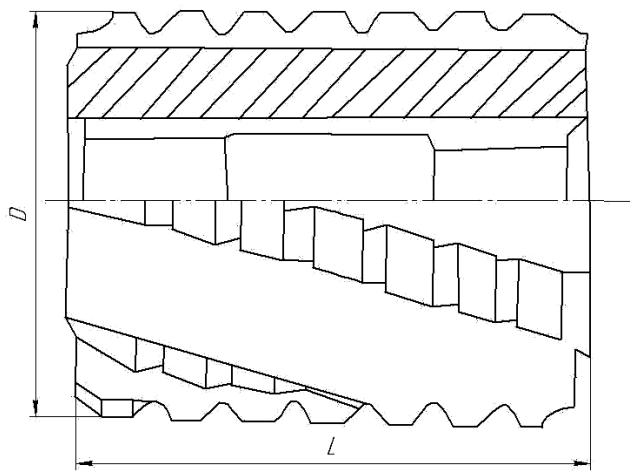
а)



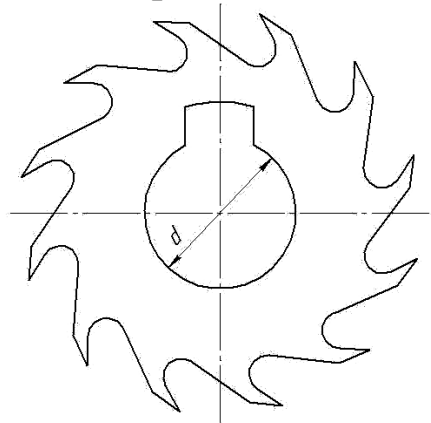


б)

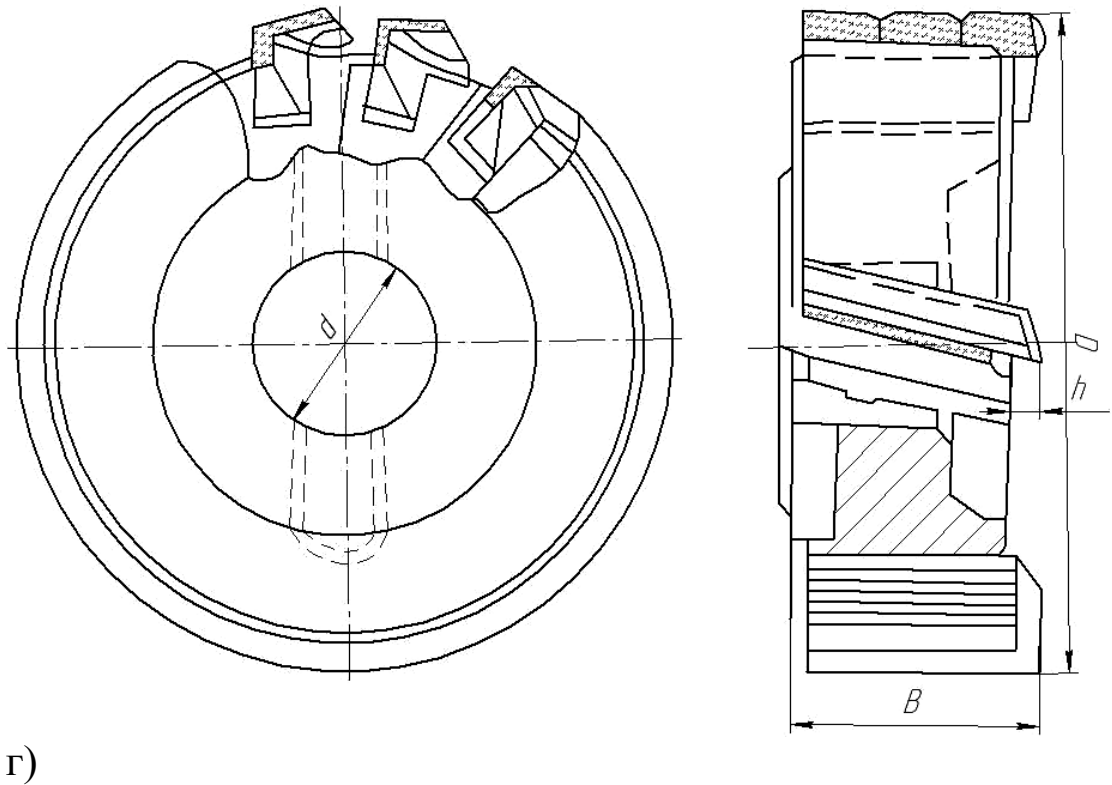
Рис. 1. Фрезы цилиндрические: а) быстрорежущая с мелким зубом; б) быстрорежущая с круглым зубом; в) обдирочная с затылованным зубом; г) торцово-цилиндрическая с вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава



в)







г)

Продолжение рис. 1.

Зубья могут быть прямыми и винтовыми. Фрезы с прямыми зубьями почти не применяются в настоящее время из-за неравномерности их работы. Фрезы с винтовыми зубьями работают более плавно и обеспечивают получение более чистой поверхности.

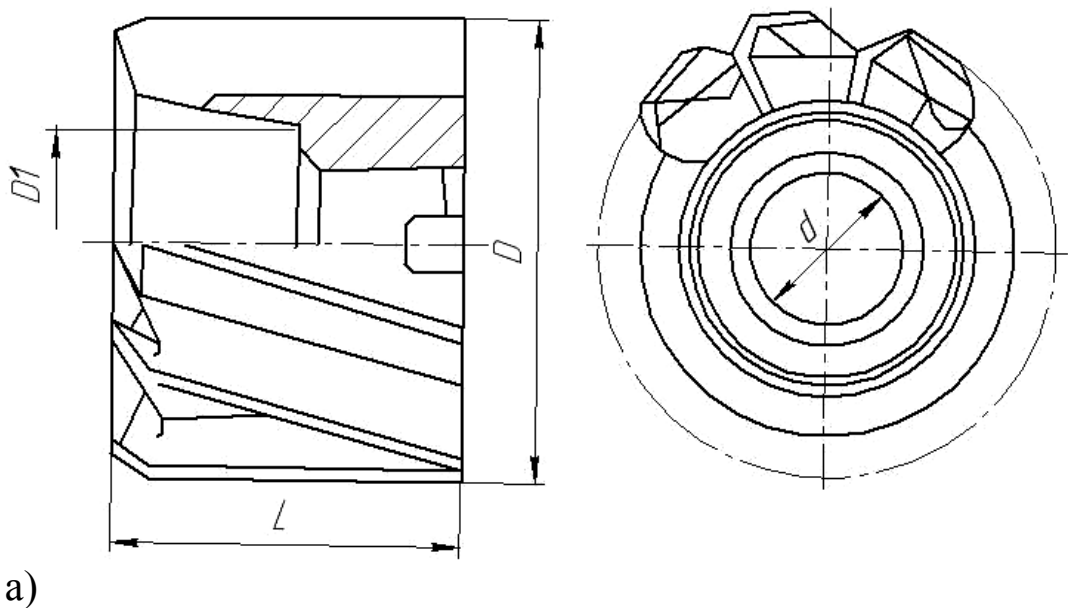
Цилиндрические фрезы изготавливаются цельными, изготовленными из быстрорежущих сталей (рис. 1 а, б, в), сборными с вставными ножами из быстрорежущей стали или оснащенными твердым сплавом (рис. 1, г).

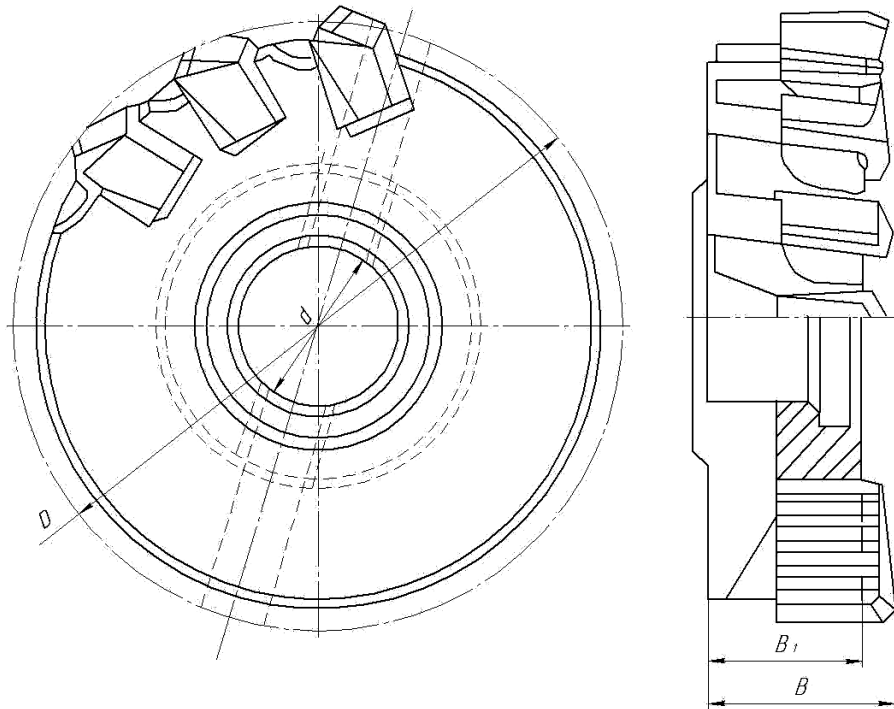
2.2. Торцовые фрезы широко применяются при обработке плоскостей. Ось их устанавливается перпендикулярно или под некоторым углом, близким к  $90^\circ$ , к обработанной поверхности детали. В связи с этим торцовые фрезы имеют зубья на цилиндрической поверхности и торце (рис. 2). Главными режущими кромками, которые выполняют основную работу, являются кромки, расположенные на цилиндре, а торцовые – вспомогательными.

Торцовые фрезы диаметром от 40 до 100 мм выполняются цельными (см. рис. 2, а).

Фрезы диаметром свыше 100 мм выполняются сборными. Зачастую вставные ножи оснащаются пластинками из быстрорежущей стали (рис. 2, б) или пластинками и твердого сплава (рис. 2, в). В настоящее время освоен выпуск хвостовых (рис. 2, г) и насадных торцовых фрез (рис. 2, д) с непере-тачиваемыми пластинками из твердого сплава.

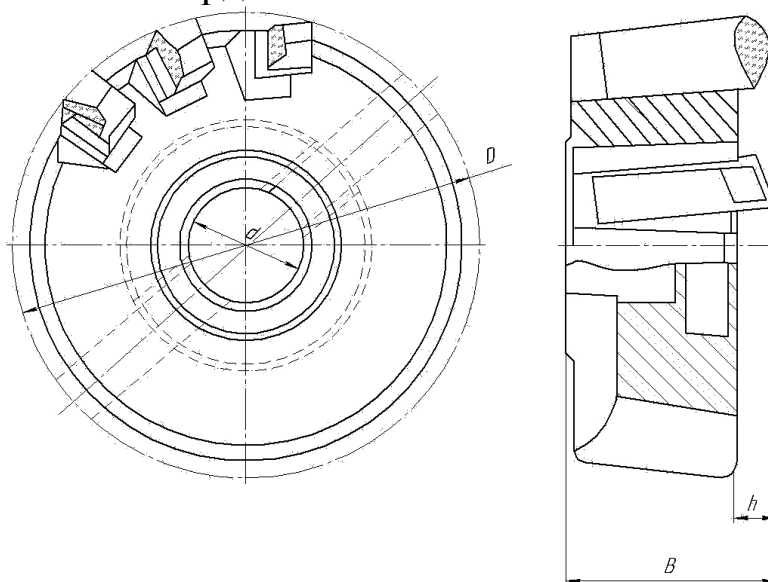
2.3. Дисковые, пазовые, двухсторонние и трехсторонние имеют режущие зубья на цилиндре и на одном или обоих торцах (см. рис. 3). Они используются при обработке пазов и канавок. Дисковые фрезы могут изготавливаться с прямыми или наклонными зубьями. Наклонные зубья применяют для получения на торцевых кромках двухсторонних фрез положительных передних углов. С целью получения на боковых кромках трехсторонних фрез положительных передних углов применяют фрезы с разнонаправленными зубьями. Они работают всеми зубьями на цилиндре. На торцах же половина зубьев (имеющих отрицательные передние углы) срезаны.



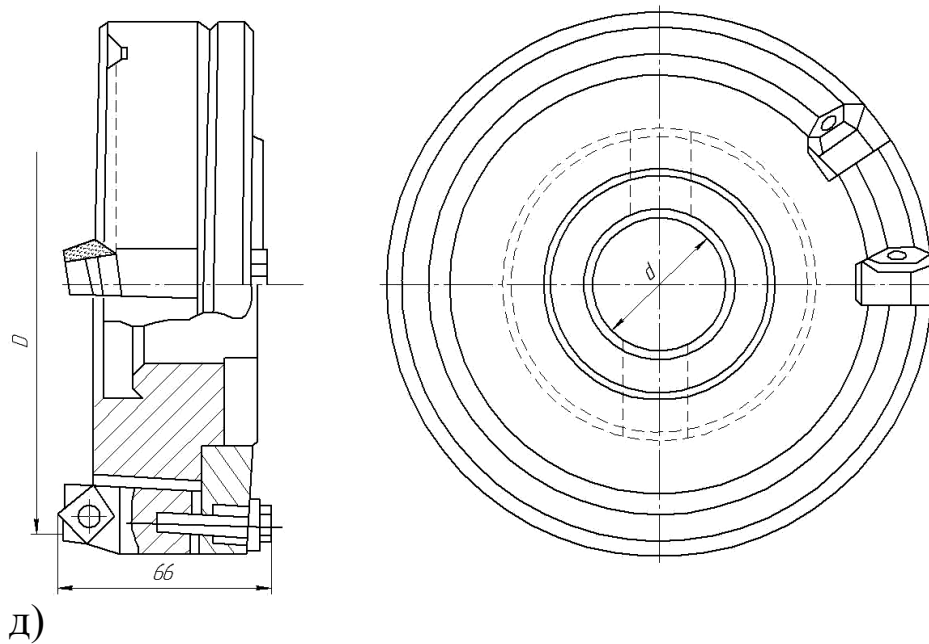
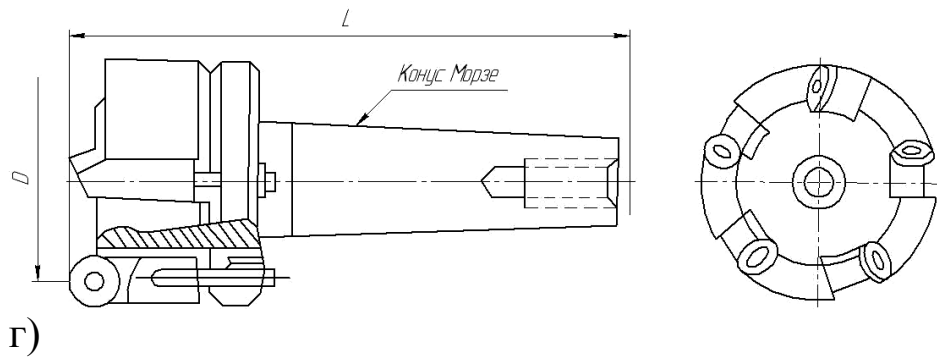


б)

Рис. 2. Фрезы торцовые: а) быстрорежущая насадка; б) с вставными ножами из быстрорежущей стали; в) с вставными ножами из твердого сплава; г) хвостовая с круглыми ножами из твердого сплава; д) насадная с неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава



в)

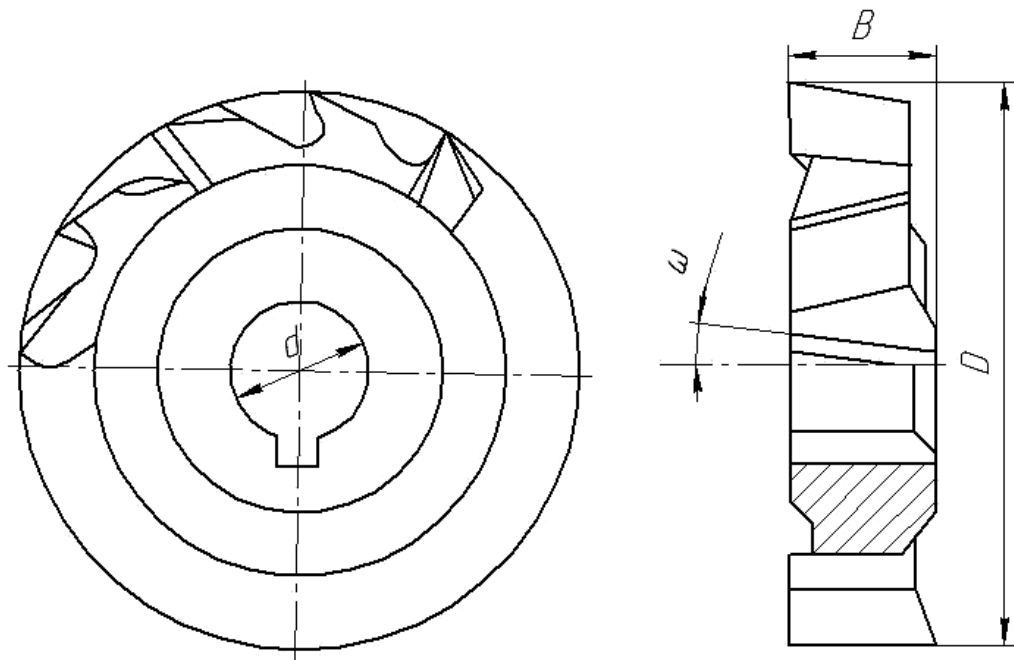


Продолжение рис. 2

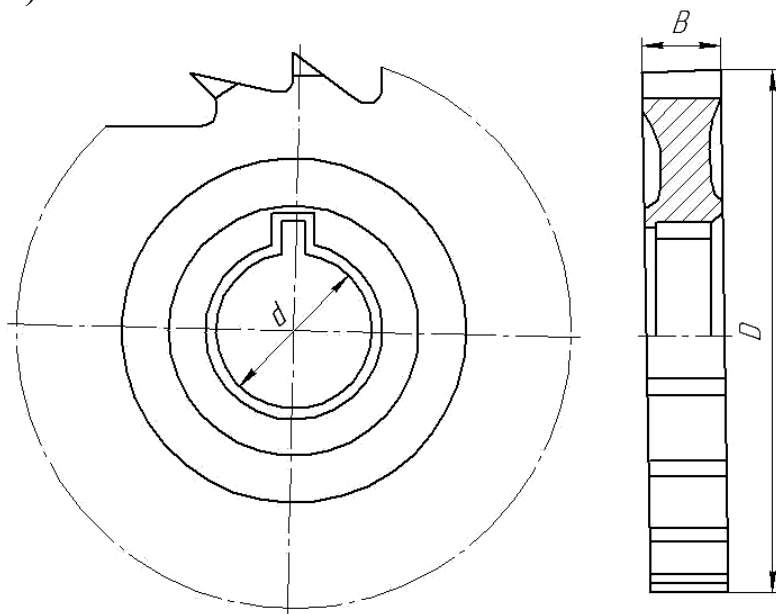
Концевые фрезы подобно дисковым применяются при обработке пазов и канавок. Главные режущие кромки расположены на цилиндрической части, а вспомогательные – на торце (см. рис. 4). Для упрочнения зуба фрезы между главной и вспомогательной режущими кромками выполняется переходная режущая кромка (когда это допускается конструкцией детали). Обычно концевые фрезы проектируются с винтовыми зубьями с углом  $\omega$  до  $30\text{--}45^\circ$ . Концевые фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали или оснащаются твердым сплавом (могут быть с монолитными коронками из твердого сплава).

2.5. Шпоночные фрезы применяются при изготовлении шпоночных и других мерных пазов. Эти фрезы снабжены достаточно массивными торцевыми зубьями (см. рис. 5). Поэто-

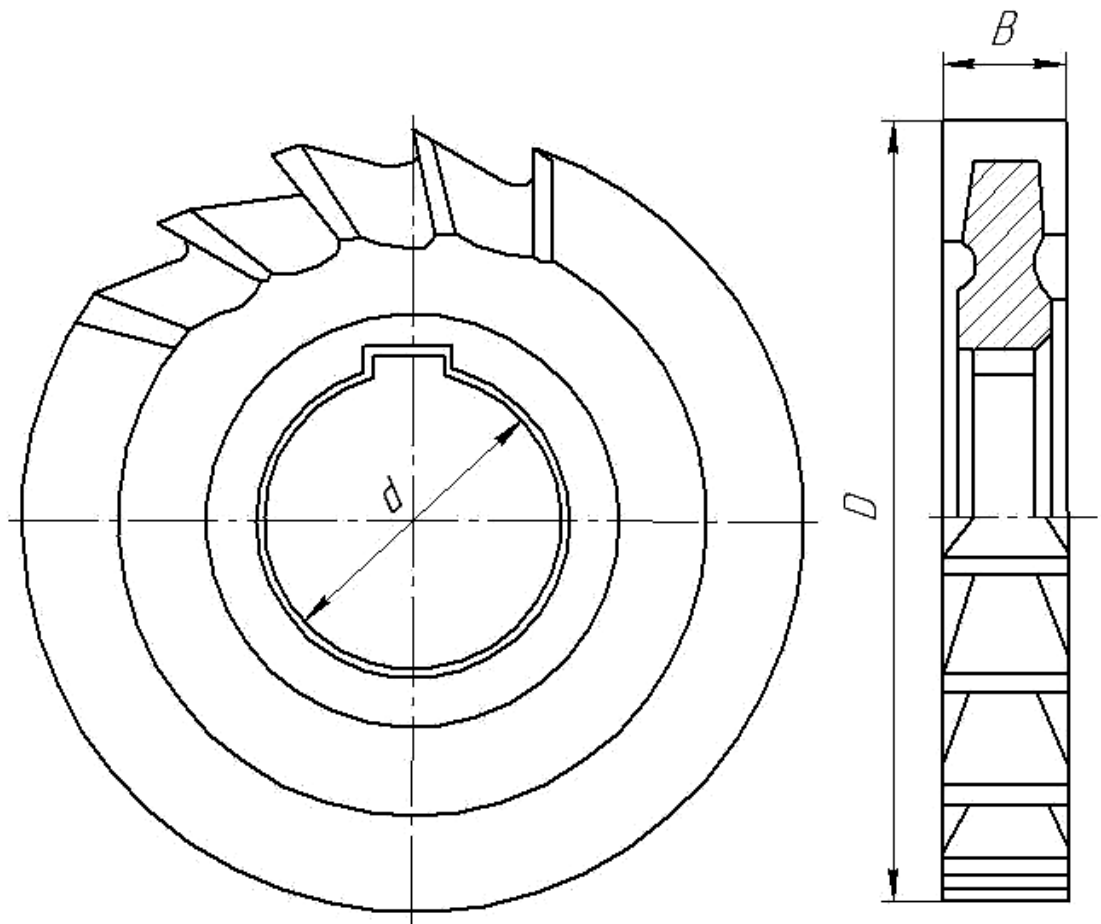
му почти вся обработка возложена на торцевые зубья, которые подвергаются переточке после износа. Благодаря этому, размер цилиндрической части фрезы остается почти неизменным. Стандартные фрезы изготавливают с прямыми и винтовыми зубьями с углом наклона  $12\text{--}15^\circ$ . Для упрочнения зубьев и увеличения пространства для перемещения стружки принято минимальное количество зубьев (два, три). Диаметрально расположенные зубья обеспечивают хорошее центрирование фрезы, что способствует получению шпоночного паза в пределах допуска.



а)

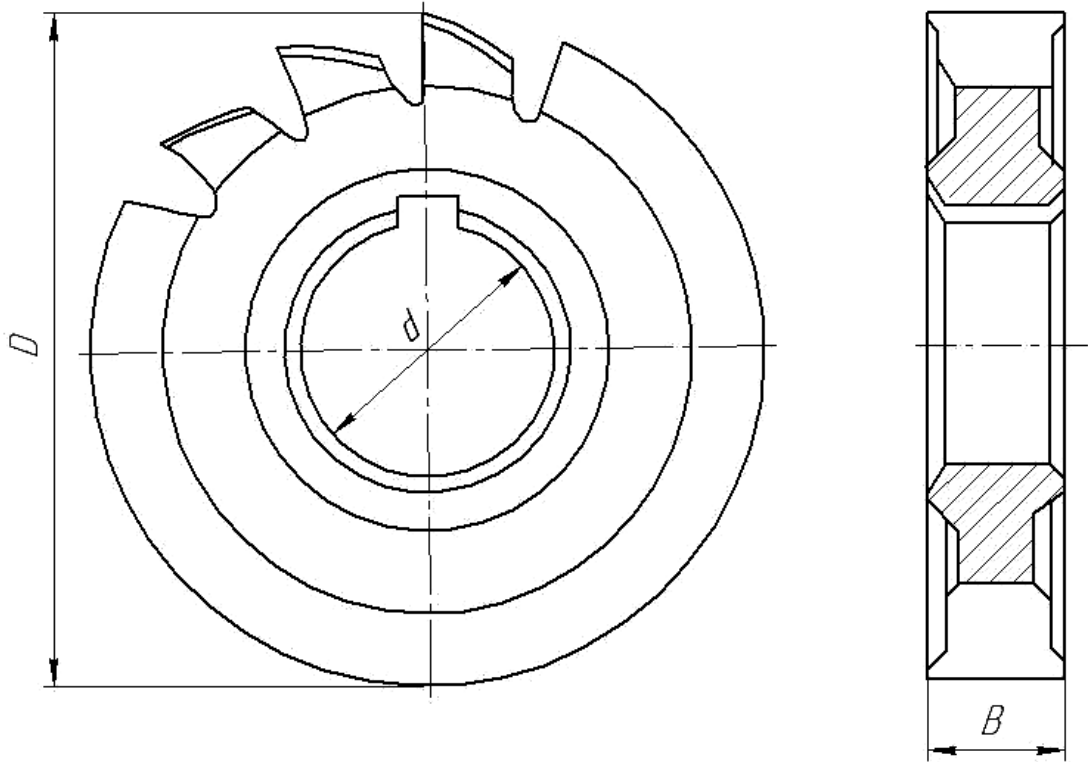


б)

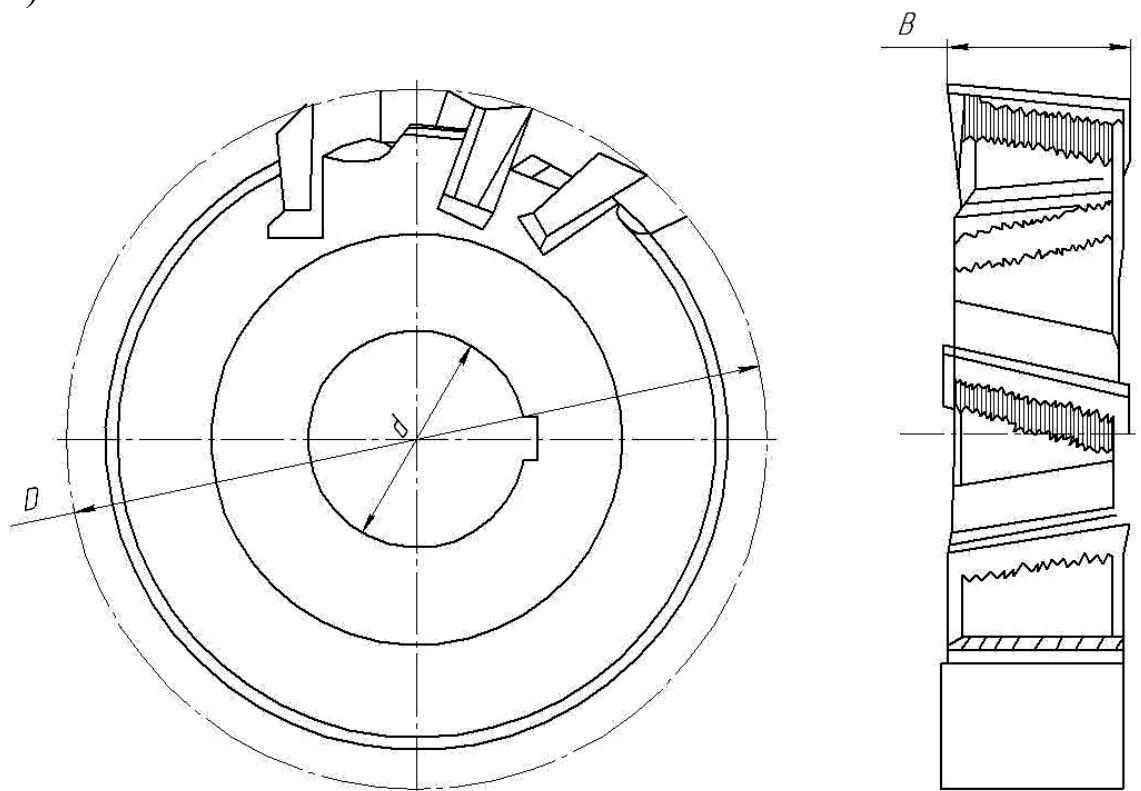


в)

Рис. 3. Фрезы дисковые: а) трехсторонние с разнонаправленными зубьями; б) пазовые; в) трехсторонние; г) пазовые затылованные; с винтовыми ножами из быстрорежущей стали; е) с винтовыми ножами, оснащенные твердым сплавом

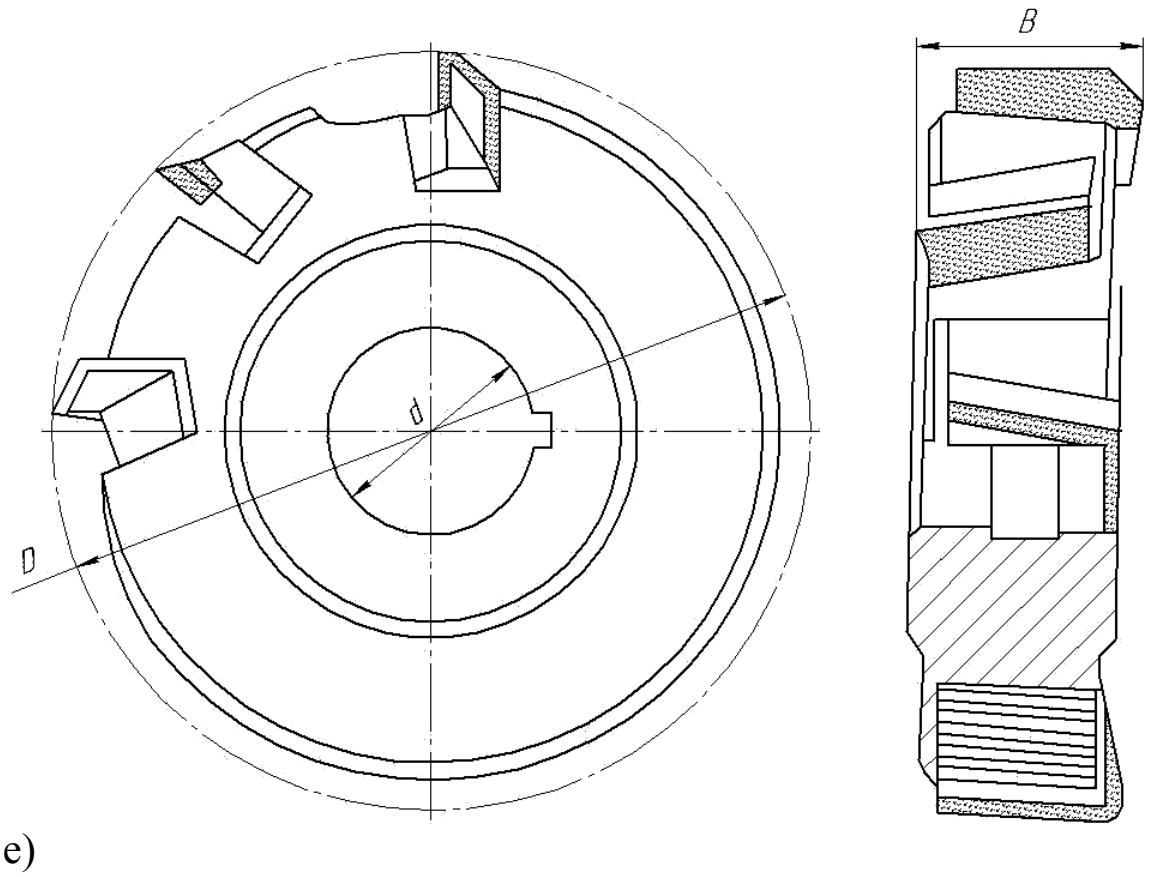


г)

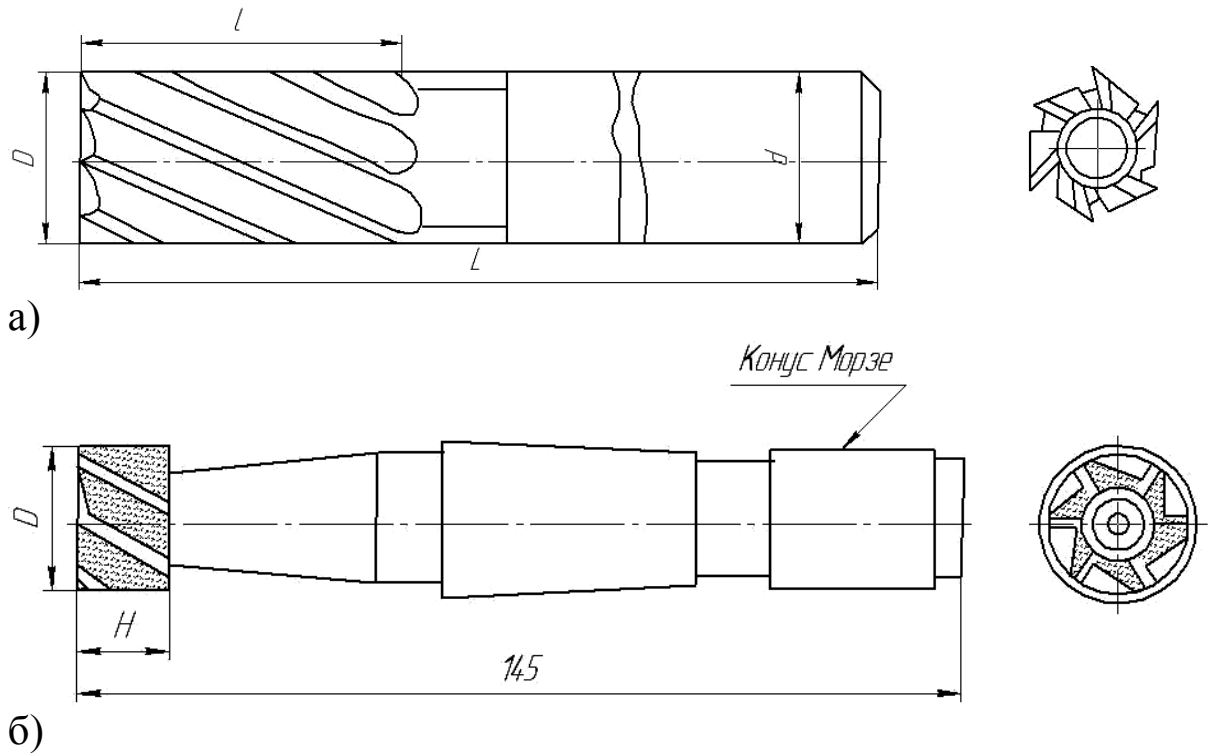


д)

Продолжение рис. 3



Продолжение рис. 3





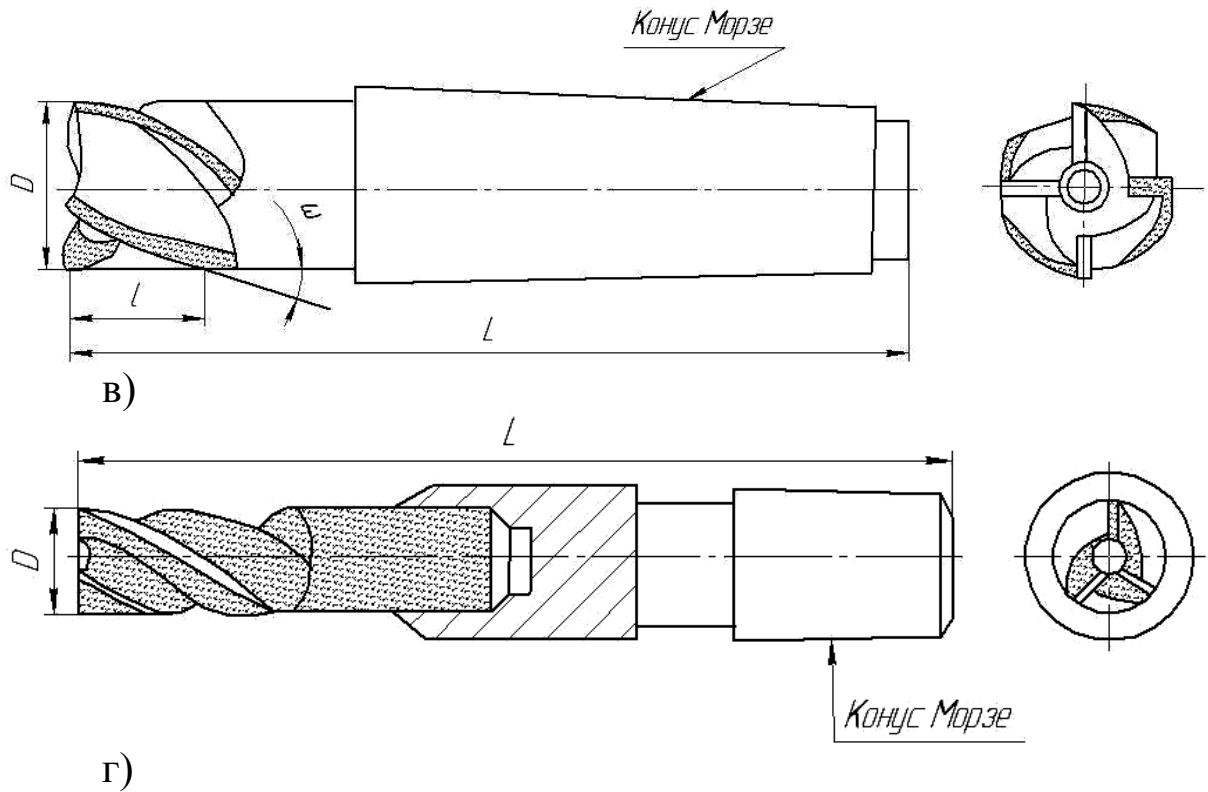


Рис. 4. Фрезы концевые: а) быстрорежущая; б) твердосплавная, оснащенная коронками; в) твердосплавная, оснащена винтовыми пластинками; г) твердосплавная цельная

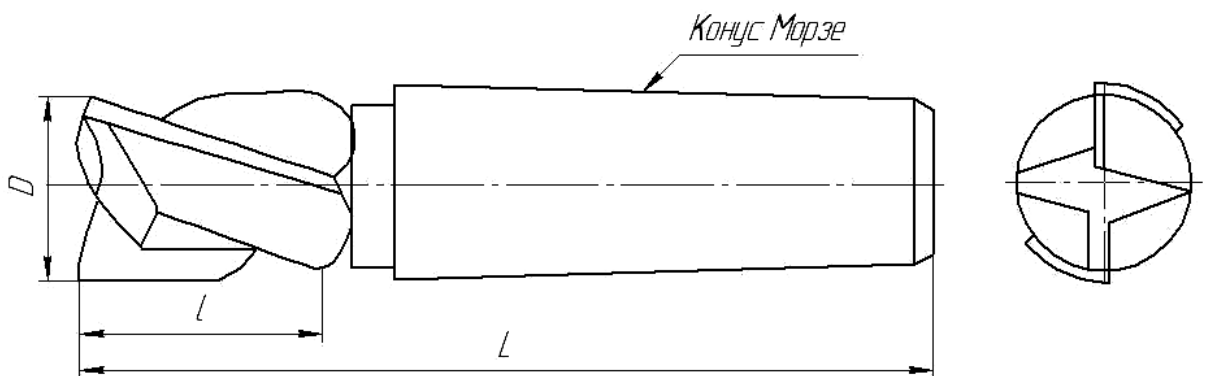


Рис. 5. Фреза шпоночная

2.6. Угловые фрезы изготавливаются только монолитными и применяются в основном в инструментальном производстве для фрезерования стружечных канавок различных инструментов. Одноугольные фрезы делают с углом конуса  $\varphi$  в пределах  $55-90^\circ$  через каждые  $5^\circ$ . Двухугольные фрезы изготавливаются с общим углом конуса в пределах  $55-105^\circ$  через каждые  $5^\circ$ ,

причем один из углов (меньший) принимается в пределах  $15\text{--}25^\circ$  в зависимости от величины общего угла (см. рис. 6).

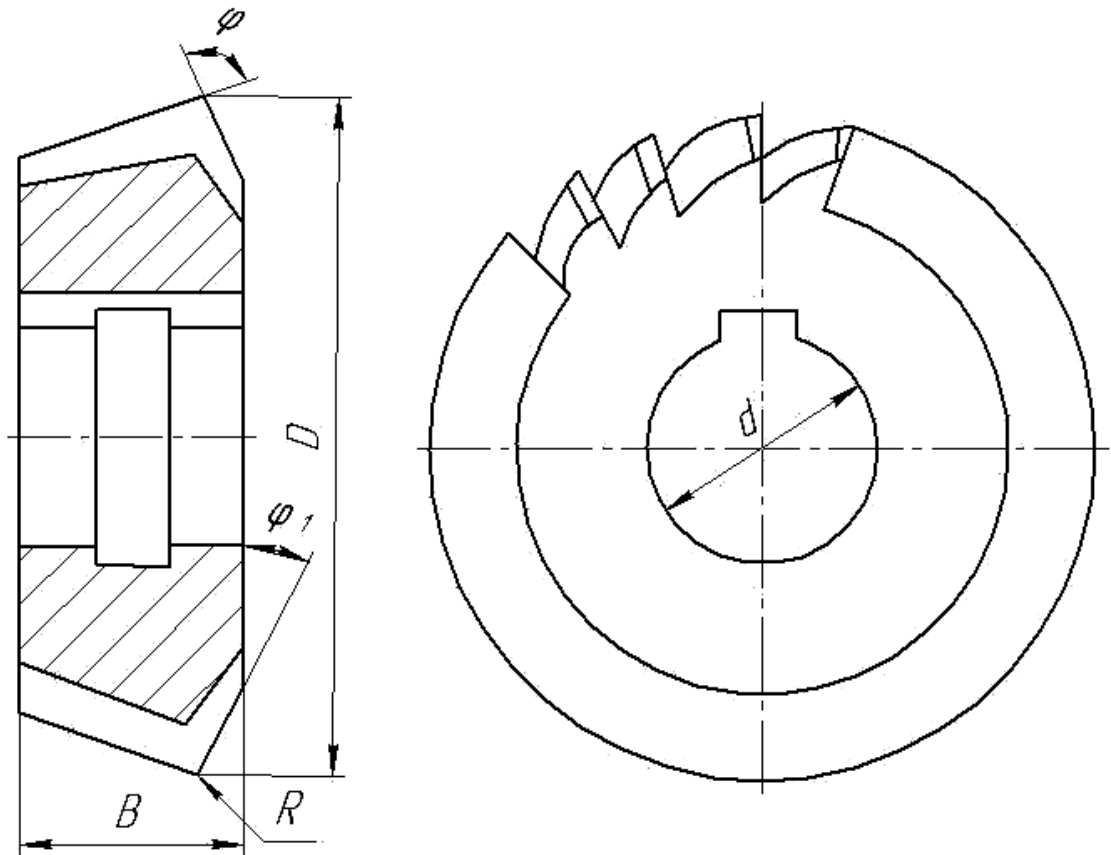


Рис. 6. Угловая фреза

Зубья одноугольных фрез расположены на конической поверхности и на торце. Основная работа производится первыми зубьями, тогда как вторые служат лишь для зачистки обрабатываемой поверхности.

2.7. Фасонные фрезы применяются при фрезеровании фасонных цилиндрических и винтовых поверхностей. Фасонные фрезы представляют собой тело вращения, на наружной поверхности которого образованы режущие зубья (см. рис. 7). Широко распространены фасонные фрезы с затылованными зубьями. Эти фрезы имеют плоскую переднюю поверхность и фасонную затылованную (в большинстве случаев по архимедовой спирали) заднюю поверхность.

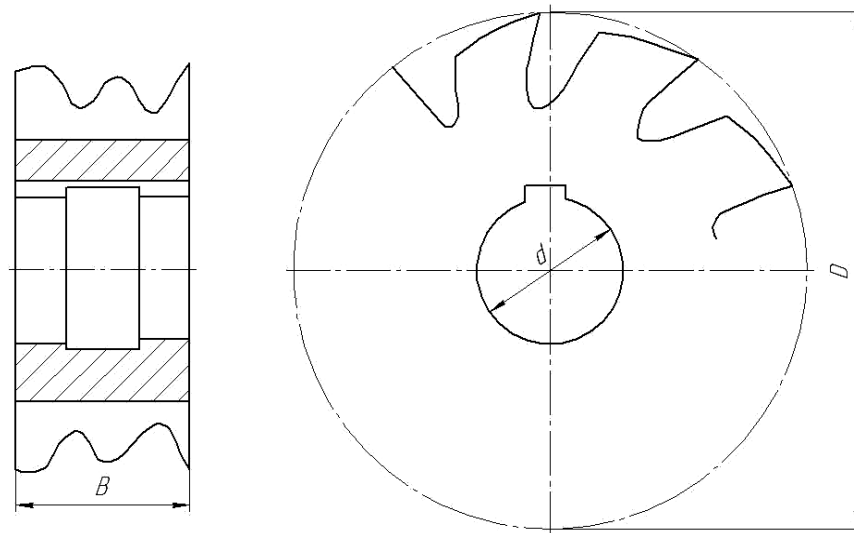


Рис. 7. Фреза дисковая фасонная

При переточке по передним поверхностям (в случае  $\gamma=0$ ) форма режущих кромок сохраняется неизменной. Благодаря этому оказывается возможным одни и те же детали обрабатывать новой и переточенной фрезой.

Фасонные фрезы с острозаточенными зубьями в отличие от затылованных фрез затачиваются по задней поверхности. Для заточки фрезы по фасонной задней поверхности применяют специальные приспособления.

2.8. Фрезы отрезные (пилы) и прорезные (рис. 8) предназначаются для разрезания прутков разного профиля. Они изготавливаются монолитными и сборными со вставными зубьями или сегментами.

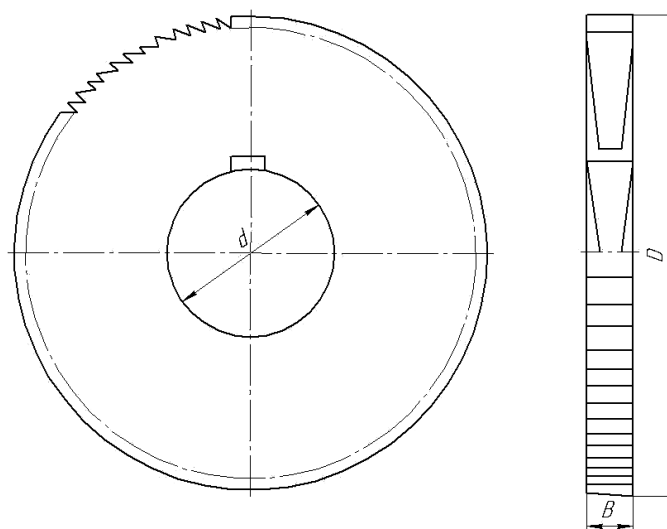


Рис. 8. Фреза прорезная

Монолитные пилы имеют диаметр от 60 до 200 мм, толщину от 1 до 5 мм. Пилы со вставными сегментами выполняются диаметром 265–2000 мм (применяются для специальных отрезных станков).

### 3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФРЕЗ С ОСТРОЗАТОЧЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Фрезы, предназначенные для обработки плоских поверхностей, пазов, уступов и т. д., не требуют сохранения профиля зуба при переточках, поэтому они изготавливаются с острозаточенными зубьями.

Основными конструктивными элементами фрез с острозаточенными зубьями являются диаметр фрезы, диаметр посадочного отверстия под оправку (или конус для концевых фрез), число зубьев и их высота.

3.1. Диаметр фрезы. Одним из основных конструктивных элементов фрезы является ее наружный диаметр. Величина наружного диаметра у концевых и им подобных фрез определяется размерами обрабатываемых ими деталей и не может выбираться произвольно. Так, например, диаметр шпоночной фрезы должен быть равен ширине шпоночной канавки.

При выборе величины диаметра у цилиндрических, дисковых и им подобных фрез следует учитывать, что увеличение наружного диаметра фрезы позволяет увеличить нагрузку на фрезу, т.к. оправка будет более жесткой. Фрезы большого диаметра имеют улучшенные условия теплоотвода, обладают большей стойкостью. Однако они обладают существенными недостатками. С увеличением диаметра увеличивается расход материала и его стоимость, увеличиваются крутящий момент и машинное время (за счет увеличения длины врезания). Нужно стремиться работать с возможно меньшим диаметром фрезы и большим диаметром оправки.

При выборе  $D$  торцевых фрез исходят из ширины фрезеруемой поверхности.

Для торцевых фрез из быстрорежущей стали диаметр выбирается равным  $D = 1,1 B$ , а для фрез оснащенных твердым сплавом,  $D = (1,2-1,6) B$ .

3.2. Диаметр посадочного отверстия под оправку можно определить из расчета на прочность и жесткость, исходя из усилия, действующих на фрезу. Однако на практике расчет диаметра оправки производится редко. Чаще всего выбирается максимально возможный диаметр оправки из стандартных значений, (16, 22, 27, 32, 40, 50, 60 ..., мм), исходя из опытных данных.

3.3. Размеры конических хвостовиков для концевых фрез и им подобных определяются либо расчетным путем, либо также исходя из опытных данных (конусы Морзе № 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Наружный диаметр хвостовика, если он цилиндрический (чаще всего у хвостовых фрез малых диаметров), определяется конструктивно. Концевые фрезы, имеющие конический хвостовик, имеют резьбовое отверстие для дополнительного крепления фрезы в коническом углублении шпинделя.

3.4. Длина рабочей части фрезы определяется в зависимости от ее конструкции и назначения. Так, например, длина цилиндрической фрезы выбирается в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности, длины рабочей части концевой фрезы принимается в зависимости от глубины фрезерования и т. д.

3.5. Число зубьев фрезы зависит от характера ее работы. Выбор числа зубьев фрезы  $z$  определяет их окружной шаг:

$$S_{окр} = \frac{\pi D}{z}. \quad (1)$$

При уменьшении числа зубьев  $z$  размеры зубьев, канавок для схода стружки и окружной шаг их увеличиваются. У фрез с крупным шагом зуб получается более прочным, лучше отводит теплоту от режущих кромок, допускает большее количество переточек, позволяет уменьшить усилие фрезерования. Эти соображения заставляют проектировать фрезы в основном с крупным зубом. Фрезы с мелким зубом применяются при чистовой обработке деталей с небольшими припусками. Сборные фрезы по сравнению с цельными имеют больший окружной шаг, а следовательно, и меньшее число зубьев, т.к.

необходимо обеспечить размещение элементов крепления в корпусе, не уменьшая его жесткости.

3.6. Форма зубьев фрезы. На практике применяется три формы острозаточенных зубьев цельных фрез. Для мелкозубых фрез принята трапецеидальная форма (рис. 9, а), для крупнозубых фрез в тяжелых условиях работы применяют криволинейную (параболическую) форму зуба (рис. 9, б) или форму зуба с двойной спинкой (рис. 9, в), что позволяет применять повышенные режимы резания.

3.7. Высота зуба фрезы. Чем выше зуб, тем долговечнее фреза, т.к. больше число возможных переточек, но в то же время изменяется прочность зубьев, т.к. растет изгибающий момент, действующий на зуб. Сопоставление этих условий и обеспечивает соответствующий выбор высоты зуба, в зависимости от конкретных условий обработки.

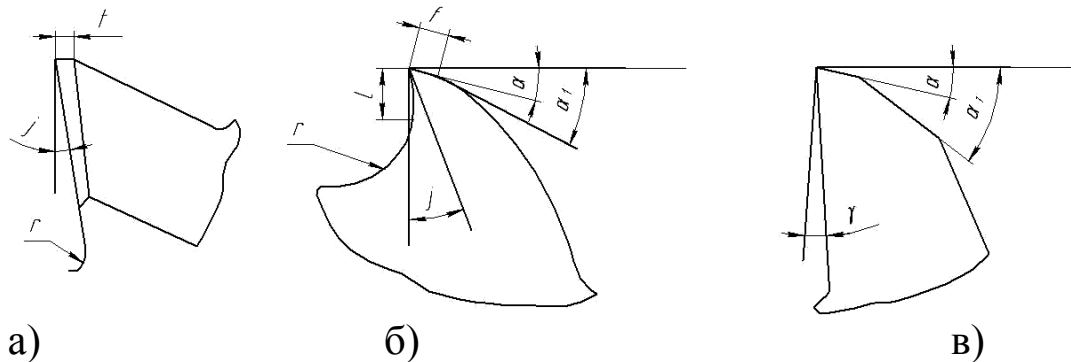


Рис. 9. Формы острозаточенных зубьев

#### 4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗ С ОСТРОЗАТОЧЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Основными геометрическими параметрами являются передний  $\gamma$  и задний  $\alpha$  углы зуба, а также углы в плане: главный  $\varphi$  и вспомогательный  $\varphi_1$ . Также имеет значение величина угла наклона винтовых зубьев  $\omega$  и угла наклона режущей кромки  $\lambda$ .

Все эти углы оказывают влияние на условия обработки.

4.1. Передний угол  $\gamma$  для цилиндрических, торцовых, концевых, дисковых, шпоночных фрез изменяется в главной секущей плоскости, т. е. в плоскости, перпендикулярной глав-

ной режущей кромке в рассматриваемой точке. Угол  $\gamma$  для фрез выбирается в зависимости от свойств обрабатываемого материала в пределах от  $+20^\circ$  до  $-15^\circ$ . Для более вязких материалов угол  $\gamma$  выбирается больше, для более хрупких – меньше.

4.2. Главный задний угол  $\alpha$  для указанных фрез рассматривается в торцевой плоскости, т. е. плоскости, перпендикулярной оси фрезы. Величина его выбирается в пределах от  $12^\circ$  до  $30^\circ$  в зависимости от назначения и конструкции фрезы.

Дисковые и пазовые фрезы, фрезы-пилы и фрезы для Т-образных пазов затачивают обычно не оставляя ленточек.

При заточке фрез других типов оставляют ленточку: для фрез диаметром до 30 мм – не более 0,05 мм, диаметром свыше 30 мм – не более 0,2 мм.

4.3. Углы в плане. Как известно, главный угол в плане  $\varphi$  предназначен для изменения соотношения между шириной и толщиной стружки, а вспомогательный  $\varphi_1$ , – для обеспечения беспрепятственного перемещения торцевой кромки в процессе резания.

Для увеличения стойкости фрезы на стыке главной и вспомогательной режущих кромок выполняют переходную кромку с углом в плане  $\varphi_0$ . Ширина переходной кромки  $f_0$  принимается в пределах 0,5...2 мм (а для торцевых фрез до 3 мм). Угол в плане переходной кромки  $\varphi_0$  у концевых и дисковых фрез принимается  $45^\circ$ . Длина переходной кромки  $f = 0,5-1,5$  мм.

Величина вспомогательного угла в плане  $\varphi_0$  – для различных типов фрез принимается в зависимости от их конструкции и назначения: для концевых, торцевых, дисковых, двух- и трехсторонних –  $1^\circ...2^\circ$ , дисковых и Т-образных  $1^\circ30'...2^\circ$ , шпоночных –  $4^\circ...6^\circ$ .

4.4. Угол наклона зуба  $\omega$  улучшает отвод стружки, чистоту обрабатываемой поверхности, увеличивает стойкость фрез, уменьшает вибрации при фрезеровании, позволяет увеличивать число зубьев, одновременно участвующих в работе.

Для различных типов угол принимается в пределах от  $8^\circ$  до  $45^\circ$ .

4.5. Важным элементом фрез с винтовым зубом является шаг винтовой линии, который определяется по формуле:

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega}, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр фрезы,  $H$  – шаг винтовой линии,  $\omega$  – угол наклона винтовых зубьев.

## 5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗ С ЗАТЫЛОВАННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Наружный диаметр фрез  $D$  зависит от принятого диаметра посадочного отверстия  $d$ , высоты зуба  $H$  определяется по формуле:

$$D = (1,6 \dots 2,0)d + 2H. \quad (3)$$

Диаметр отверстия должен обеспечить жесткость крепления фрезы на оправке и выбирается из стандартного ряда значений.

Для цельных фрез диаметром от 40 до 100 мм диаметр отверстия выбирается равным 16...32 мм.

Высота зуба выбирается таким образом, чтобы обеспечить выход затылованного резца при затыловании и определяется по формуле:

$$H = h + k + r \quad (4)$$

где  $h$  – высота затылуемого профиля,  $k$  – величина затылования,  $r$  – радиус закругления дна канавки.

Величина затылования:

$$K = \frac{\pi D e}{z} \operatorname{tg} \alpha_b \quad (5)$$

где  $\alpha_b$  – величина заднего угла на вершине зуба. Он принимается равным  $10 \dots 12^\circ$ ;  $z$  – число зубьев фрезы.

Радиус закругления дна канавки  $r$  обычно принимается равным 1...3 мм.

Число зубьев  $z$  подсчитывается по формуле:



$$z = \frac{\pi D e}{S_{\text{окр}}} \quad (6)$$

где  $S_{\text{окр}}$  – окружной шаг зубьев.

Для чистовых зубьев окружной шаг  $S_{\text{окр}} = (1,3 \dots 1,8)H$ , а для черновых  $S_{\text{окр}} = (1,8 \dots 2,5)H$ .

Угол профиля стружечной канавки  $\theta$  выбирается равным  $18 \dots 30^\circ$ .

Передний угол у затылованных фрез большей частью принимается равным нулю. Объясняется это тем, что положительный передний угол усложняет расчет, изготовление и контроль фрез, а также вносит погрешность в профиль детали после переточки. Фрезы с положительным передним углом работают в более легких условиях, поэтому применение их на практике целесообразно. Для устранения погрешности, вызванной наличием угла  $\gamma > 0$ , профиль фрезы должен быть подвергнут корректированию.

## 6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

При проведении лабораторной работы применяются следующие измерительные инструменты:

1. Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 ГОСТ 166-73
2. Измерительная линейка
3. Микрометр МРИ ГОСТ 4381-68
4. Угломер с нониусом УМ ГОСТ 5373-66
5. Угломер Бабчининера.

## 7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа производится в следующем порядке:

1. Изучение конструкции острозаточенных и затылованных фрез, методов крепления режущих зубьев в корпусе фрезы.
2. Измерение геометрических параметров фрез. Оформление эскизов фрез.
3. Изучение методов контроля геометрии фрез.

## 8. ИЗМЕРЕНИЕ ФРЕЗ

1. Диаметр фрезы, ее длина, диаметр посадочного отверстия высота зуба и другие линейные размеры измеряются штангенциркулем.

При измерении диаметра посадочного отверстия и размеров шпоночного паза необходимо определить номинальные размеры, а затем назначить допуск по соответствующим ГОСТам на фрезы.

После измерений линейных размеров конических хвостовиков (у концевых и им подобных фрез), необходимо определить номер конуса Морзе.

2. Передний и задний углы на цилиндрической части фрез определяются с помощью угломера Бабчининера (см. рис. 10, 11).

Измерение углов  $\varphi$  в плане производится универсальным угломером.

Угол  $\omega$  наклона винтовых зубьев находят непосредственно измерением его по следу винтовой линии фрезы на плоскость.

3. Кроме этого, должны быть определены расчетом и обмером следующие параметры фрез:

3.1. Шаг винтовой спирали:

$$T = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega}. \quad (7)$$

3.2. Окружной, осевой и нормальный шаг фрезы:

$$t_{окр} = \frac{\pi D}{z}; \quad t_{ос} = \frac{t_{окр}}{\operatorname{tg} \omega}; \quad t_n = t_{окр} \cdot \cos \omega. \quad (8)$$

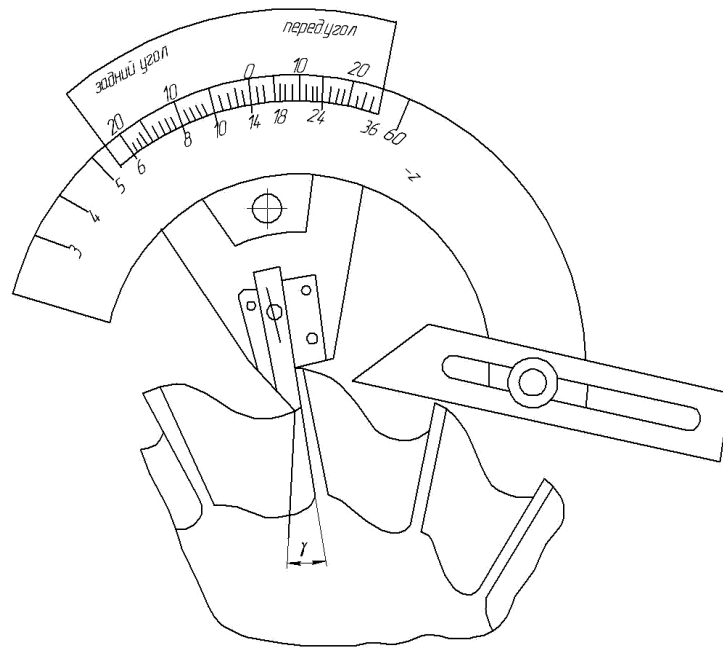


Рис. 10. Измерение переднего угла угломером Бобчининера

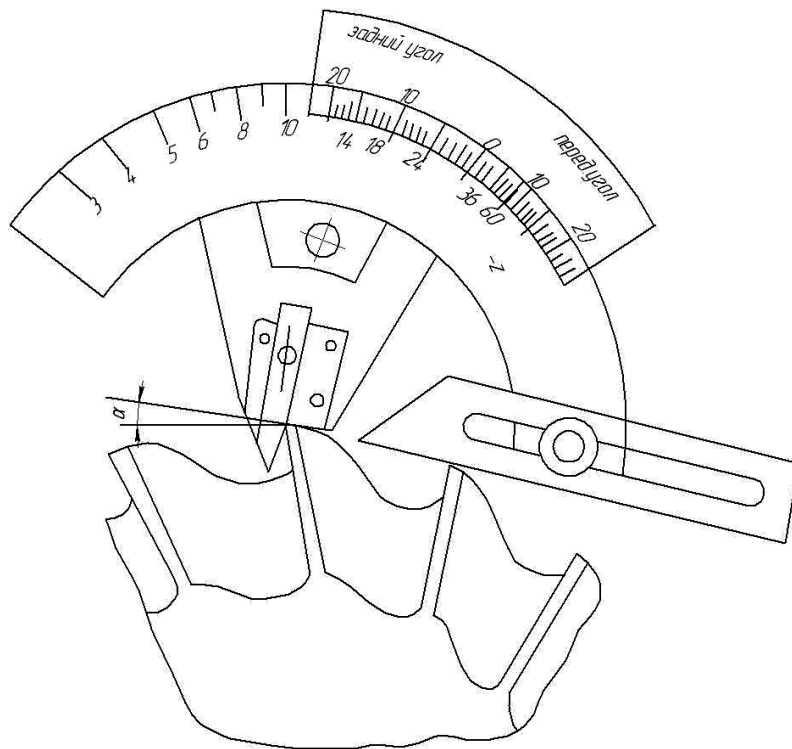


Рис. 11. Измерение заднего угла угломером Бабчининера

Геометрические параметры и конструктивные элементы фрез.

1. В графе «примечание» должна быть полная характеристика измеряемой фрезы.
2. Все геометрические и конструктивные параметры фрез необходимо проставить на эскизе фрезы.

### 3.3. Углы режущего зуба в нормальном сечении

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_{\text{торц}} \cdot \cos \omega \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{торц}}}{\cos \omega} \quad (10)$$

Где,  $\gamma_{\text{торц}}$ ,  $\alpha_{\text{торц}}$  – соответственно передний и задний углы в торцевом сечении.

4. Результаты измерений конструктивных элементов и геометрических параметров фрез заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Номер п/п	Тип фрезы	Материал фрезы	Диаметр $D$ фрезы, мм	Ширина (длина) $B$ фрезы мм	Диаметр отверстия или номер конуса Морзе	Число $z$ зубьев фрезы	Угол наклона $\omega$ винтовой линии, град	Высота зуба $H$ , мм	Шаг $T$ винтовой линии	Задний угол $\alpha_1$ в торцевой плоскости, град	Передний угол $\gamma$ в	Окружной $t_{\text{окр}}$ , осевой $t_{\text{ос}}$ нормальный $t_n$ шаги фрезы, мм	Примечание

## 9. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе должен содержать эскизы основных типов фрез (по выбору преподавателя) с проставленными размерами и заполненную таблицу 1.

## 10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные типы фрез и область их применения.
2. Каким образом осуществляется выбор основных конструктивных элементов острозаточенных и затылованных фрез?
3. Назовите формы зубьев острозаточенных фрез.
4. Каким образом осуществляется выбор основных геометрических параметров острозаточенных и затылованных фрез?

## Работа №8

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНО-ШЛИЦЕВЫХ ФРЕЗ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию червячных фрез для нарезания шлицевых валов с прямолинейным параллельным профилем шлицев. Научиться выполнять графическое профилирование специального обкатного инструмента для нарезания шлицевых валов.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Червячно-шлицевая фреза (рис.1) для изготовления прямобочного шлицевого вала является специальным режущим инструментом, проектируемым и применяемым для обработки вала, имеющего определенные значения наружного и внутреннего диаметров, ширину и число шлицев.

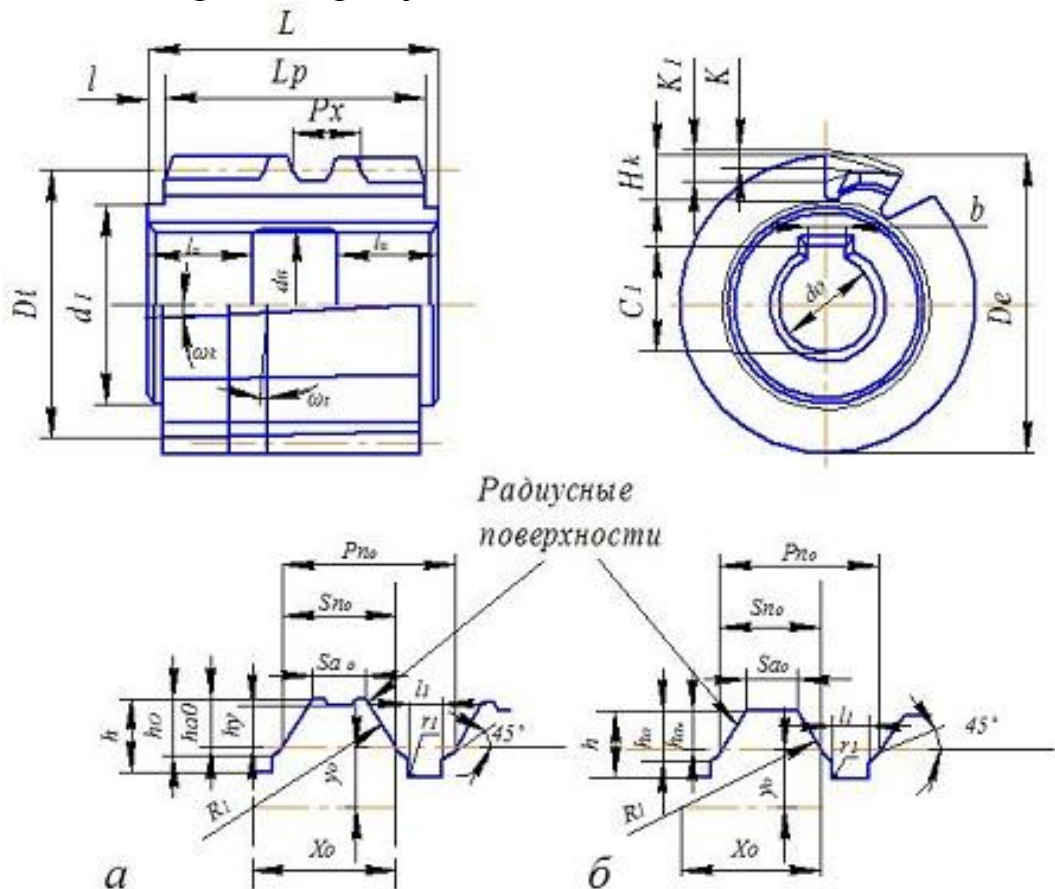


Рис.1. Червячно-шлицевая фреза: а – с усиками, б – без усиков

В зависимости от вида центрирования шлицевого соединения – по наружному (и по ширине зуба) или внутреннему диаметру – проектируются и применяются червячные фрезы без «усика» или «с усиком». Износостойкость фрез с «усиком» меньше, так как от усика затруднен теплоотвод. Радиус начальной окружности шлицевого вала рекомендуется определить по формуле:

$$r_w = \sqrt{r_a^2 - \frac{3}{4}a^2} \quad (1)$$

где  $r_a$  – наружный радиус вала;  $a$  – половина ширины зуба шлицевого вала;  $B$  – ширина зуба.

Окружной шаг шлицевого вала

$$t_{окр} = \frac{\pi d_w}{z}, \quad (2)$$

где  $t_{окр}$  – окружной шаг шлицевого вала,  $d_w$  – диаметр начальной окружности шлицевого вала:  $d_w = 2r_w$ ,  $Z$  – число шлицев.

$$P_{n0} = t_{окр} S_{n0} = P_{n0} - B, \quad (3)$$

где  $B$  – ширина зуба вала.

Для фрез без усиков (см. рис.1б):

$$h_{a0} = \frac{d_w - d_f}{2}, \quad (4)$$

где  $d_f$  – диаметр внутренней окружности шлицевого вала. Для фрез с усиками высота зуба от начальной прямой до усика равна:

$$h_y = \frac{d_w - d_f}{2} \quad (5)$$

Высота усика рассчитывается по определенным зависимостям:

$$\nu = \arccos \frac{\sqrt{r_f^2 - a^2}}{r_w} - \arcsin \frac{a}{r_f}$$

$$\Delta = r_f(1 - \cos \nu) \quad (6)$$

где  $\nu$  – угол, определяющий положение бока шлица в последний момент профилирования прямолинейной части профиля шлица,  $r_f$  – радиус внутренней окружности шлицевого вала.

Для фрез с усиками:

$$h_{a0} = h_y + \Delta$$

$$\sin \omega_t = \frac{P_{n0}}{\pi D_t} \quad (7)$$

$$D_t = D_e - 2h_{a0} - 2\sigma k$$

Для профилирования зубьев червячно-шлицевой фрезы применяют графические, графоаналитические и аналитические методы. Из аналитических методов известны два метода: на основе уравнения линии зацепления и по общей огибающей к последовательным положениям профиля шлица. Эти методы обеспечивают наибольшую точность профилирования.

Из графических методов наиболее известны два: на основе построения линии зацепления; метод построения путем последовательных положений профиля детали в процессе обкатки с использованием кальки и ватмана. В данной лабораторной работе необходимо выполнить профилирование по второму методу.

«На листе бумаги Б (рис. 2, а) в определенном масштабе проводят начальную окружность вала и строят профиль шлица. От точки  $d0$  пересечения профиля с начальной окружностью откладывают по дуге начальной окружности равные (для удобства построения) дуги:

$$d_0d_1 = d_1d_2 = \dots = d_9d_{10}$$



На листе кальки К (рис.2, б) проводят начальную прямую и на ней откладывают точки,  $e_0, e_1$  и т. д. на расстояниях, равных длинам дуг, отложенным на начальной окружности детали, т. е.:

$$d_0d_1 = d_1d_2 = \dots = \bar{e}_0\bar{e}_1 = \bar{e}_1\bar{e}_2 = \dots$$

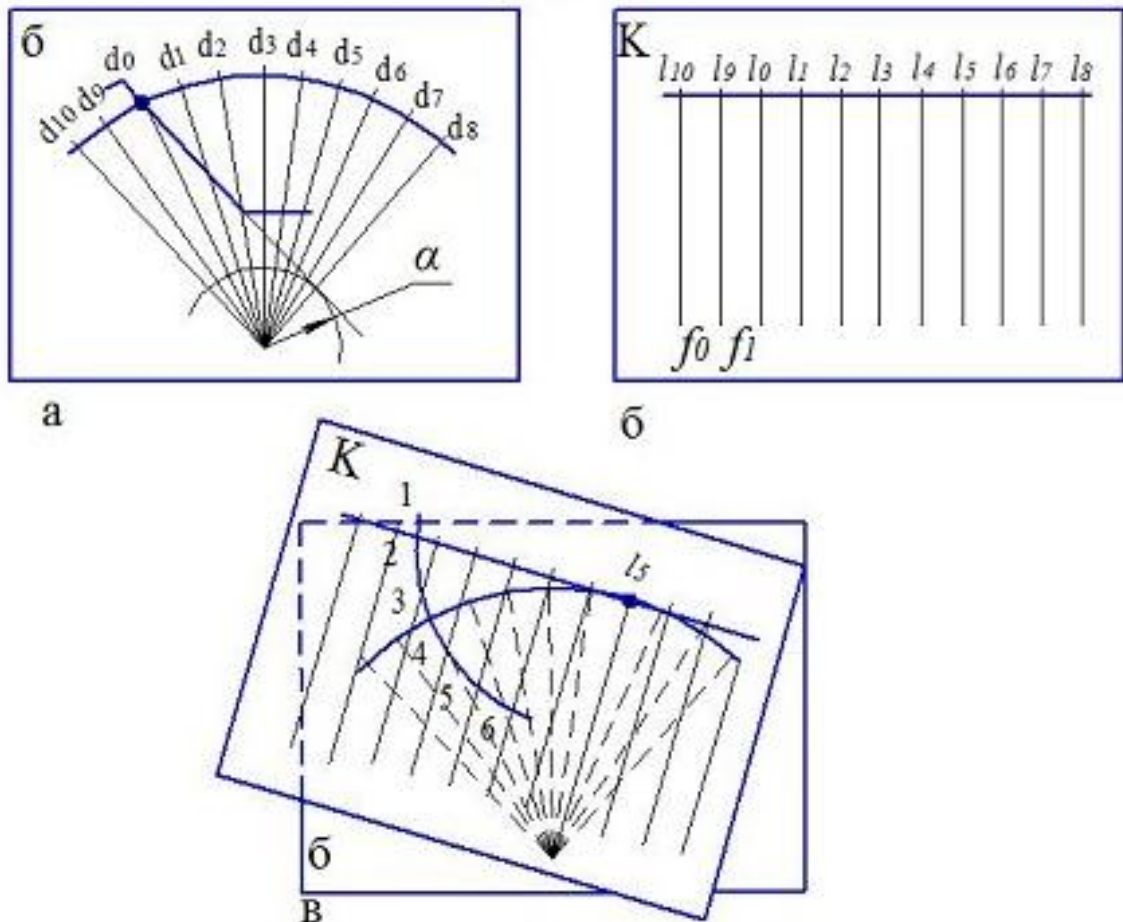


Рис. 2. Графическое определение профиля режущей кромки инструмента методом последовательных положений

Через полученные точки проводят прямые  $e_0, f_0, e_1, f_1, \dots$ , перпендикулярные начальной прямой. Накладывают кальку на чертеже Б так, чтобы начальная прямая в точке  $e_0$  коснулась начальной окружности в точке  $d_0$  и прямая  $f_0 e_0$  совместилась с соответствующим радиусом детали  $Od_0$ . В этом положении копируют с бумаги на кальку профиль детали. Затем точку  $e_1$  начальной прямой совмещают с соответствующей точкой  $d_1$

начальной окружности и прямую  $f_1, e_1$  с радиусом  $Od_1$  и снова копируют на кальку профиль шлица. Описанным методом продолжают перемещение кальки по чертежу на бумаге и в каждом положении копируют на кальку профиль шлица (рис. 2, в). Проведенное построение соответствует качению начальной прямой фрезы по начальной окружности вала. Общая огибающая к полученным на кальке последовательным положениям профиля шлица определяет профиль зуба фрезы». Масштаб построения – 10:1 или 20:1.

Графическое профилирование выполнять острозаточенным карандашом, проводить только тонкие линии, используя линейку, треугольник, циркуль. Величину дуг и отрезков на начальных линиях откладывать длиной по 5–9 мм (без учета масштаба). Общую огибающую не проводить. Построение получается только в том случае, если оно выполняется очень аккуратно. Поэтому торопиться не рекомендуется.

### 3. КОНТРОЛЬ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ ЧЕРВЯЧНО-ШЛИЦЕВОЙ ФРЕЗЫ

Имея профиль, полученный графическим профилированием, следует сравнить его с профилем зуба червячно-шлицевой фрезы. Сравнение проводится на проекторе при десятикратном ( $\times 10$ ) увеличении

Червячно-шлицевая фреза должна быть установлена на предметном столике проектора в положении, обеспечивающем получение на экране проекции нормального сечения. На экране закрепляется чертеж профиля боковой стороны зуба; совмещают точки, лежащие на пересечении начальной линии и профиля, и все остальные точки профиля чертежа и зуба фрезы. Может оказаться, что не во всех точках совпадут профили. Следует замерить погрешность боковой стороны профиля в направлении, нормальном к профилю в данной точке.

Результаты измерений заносятся в протокол в виде графика (рис. 3, а), где  $h$  – высота профиля,  $\Delta$  – погрешность профиля на данной высоте. Погрешность профиля зуба фрезы передается на изделие. Поэтому в ГОСТе 8027-87 на шлицевые червячные фрезы профиль контролируется косвенным пу-

тем, путем измерения погрешностей контрольного кольца. Для этого необходимо обработать кольцо на зубо – или шлиц фрезерном станке. На большом инструментальном микроскопе или проекторе измерить ширину зуба контрольного кольца на разной его высоте. Результаты измерений заносятся в протокол в виде графика (рис. 3, б), где  $h1$  – высота профиля,  $\Delta l$  – погрешность

по толщине, т. е. отклонение от прямолинейности.

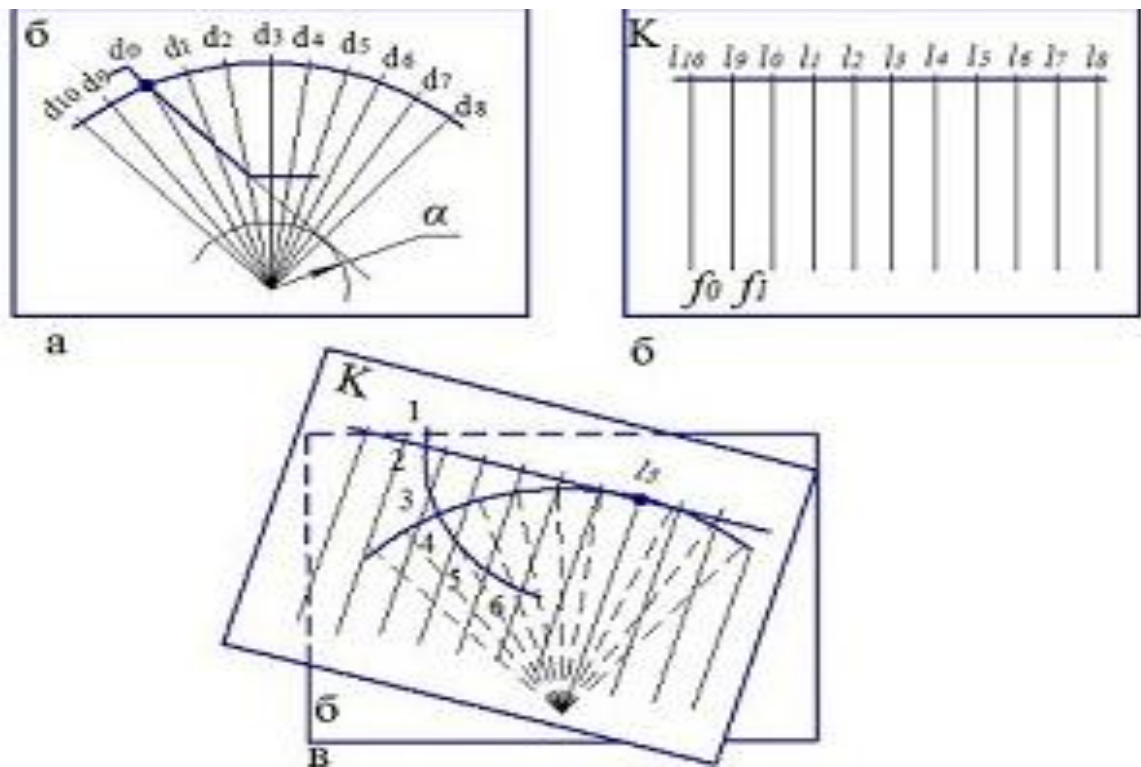


Рис. 3. Погрешность профиля зуба фрезы (а) и боковой стороны шлица (б и в)

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить и рассчитать конструктивные параметры образца шлицевого вала и результаты внести в таблицу и вычертить его профиль.

2. По размерам шлицевого вала (задаются преподавателем) произвести графическое построение профиля зуба червячной фрезы.

3. С помощью большого проектора определить погрешность зуба червячно-шлицевой фрезы и построить график погрешностей по высоте зуба (см. рис. 3).

4. Нарезать контрольное кольцо шлицевого валика.

5. На большом инструментальном микроскопе или проекторе замерить отклонения зуба от прямолинейности по его высоте. Построить график данных погрешностей по высоте зуба (см. рис. 3,б). Сделать заключение о пригодности червячно-шлицевой фрезы к эксплуатации.

6. Измерить основные конструктивно-геометрические параметры червячно-шлицевой фрезы.

7. Выполнить эскиз червячно-шлицевой фрезы (см. рис. 1). Проставить все размеры и углы в числовом выражении.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Способы профилирования зубьев зуборезных инструментов, работающих методом обката (достоинства и недостатки).

2. Сформулируйте два основных положения теории обката.

3. Дайте определение линии зацепления.

4. Назовите способы центрирования вала и втулки шлицевого соединения.

5. Для чего на вершине зубьев некоторых червячно-шлицевых фрез делают выступы – «усики»?

6. Зачем теоретический профиль зубьев червячно-шлицевых фрез заменяют дугами одной или двух окружностей?

## Работа №9

## 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.

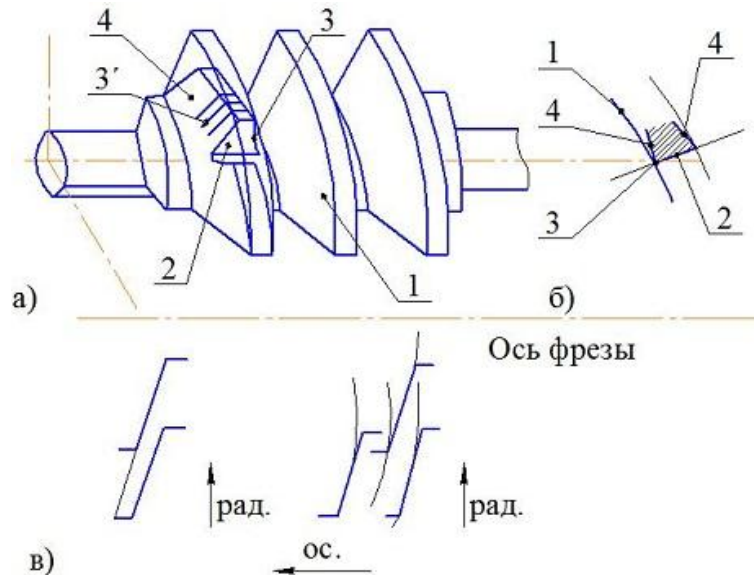


Рис. 1. Определение профиля зубьев червячной фрезы (а); образование задних поверхностей зубьев (б); направление затылования радиальное и осевое (в) [1] : 1 – основной червяк, 2 – передняя поверхность, 3, 3' – режущие кромки до и после переточки, 4 – задние поверхности фрезы

## 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 – 80 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  $t_\omega$  – угол наклона винтовой линии на делительном цилиндре.

Из-за радиального затылования при  $0 \neq k \omega$  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  $\alpha_{xR0}$ ,  $\alpha_{xL0}$  – 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 контролировать 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:

$$\alpha_{w0} = \alpha \pm \Delta \alpha.$$

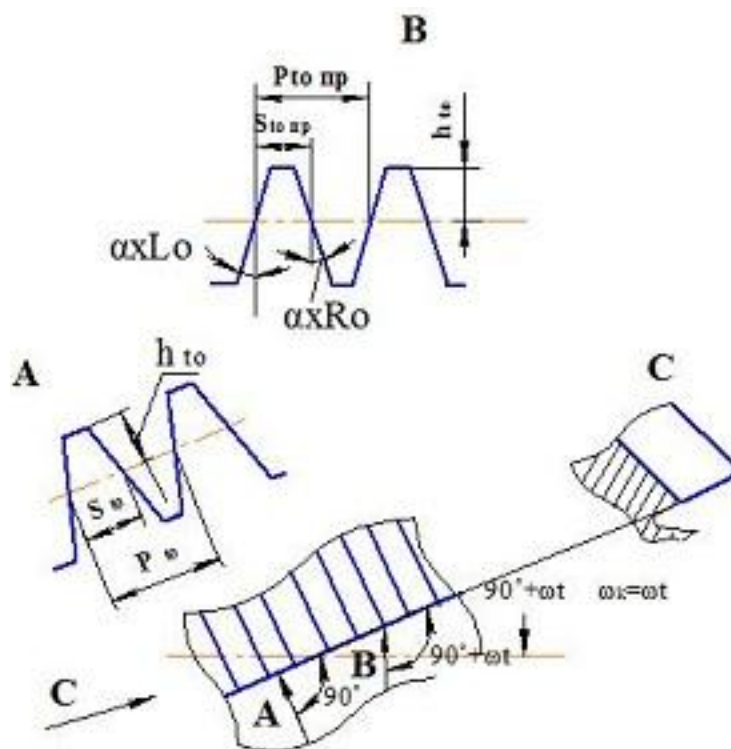


Рис. 2. Проекция зубчатой рейки фрезы на осевую (В) и нормальную (А) плоскость

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 погрешности 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  $\omega t$  можно приближенно измерить на инструментальном микроскопе или с помощью индикатора с подставкой на оптической делительной головке. Затем на инструментальном микроскопе, установив объектив под углом  $\omega t$ , можно замерить  $P_{t0 \text{ нр}}$ . 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  $\omega t$ , 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  $KI$  затылования. Величину угла поворота фрезы вокруг оси  $\varepsilon_1$  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 ве-

личину шагового угла  $\varepsilon = 360 / z_0$  и принять значения  $K$  и  $Kl$  в соответствии со стандартными значениями (округляются до 0,5 мм или целого числа).

Задний угол  $\alpha_b$  можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_b = kz_0 / \pi d_{a0}, \quad (5)$$

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

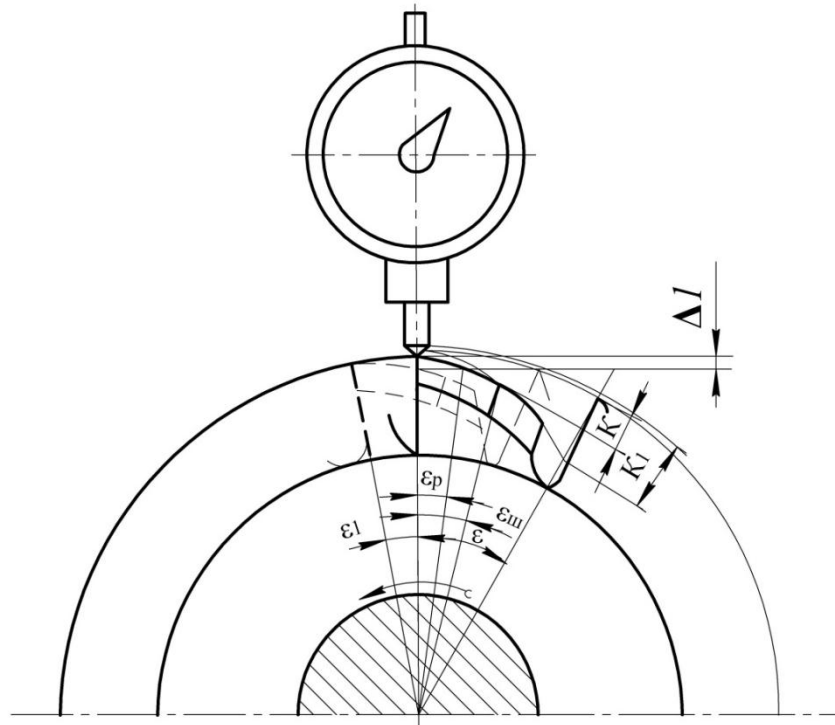


Рис.1.3. Схема измерения падения затылка

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,  $h_{t0} = 1,25m$

$\sigma$  – коэффициент, указывающий на соотношение углов расчетного сечения  $\varepsilon_p$  и шагового угла  $\varepsilon$ :  $\sigma = \varepsilon_p / \varepsilon$

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.

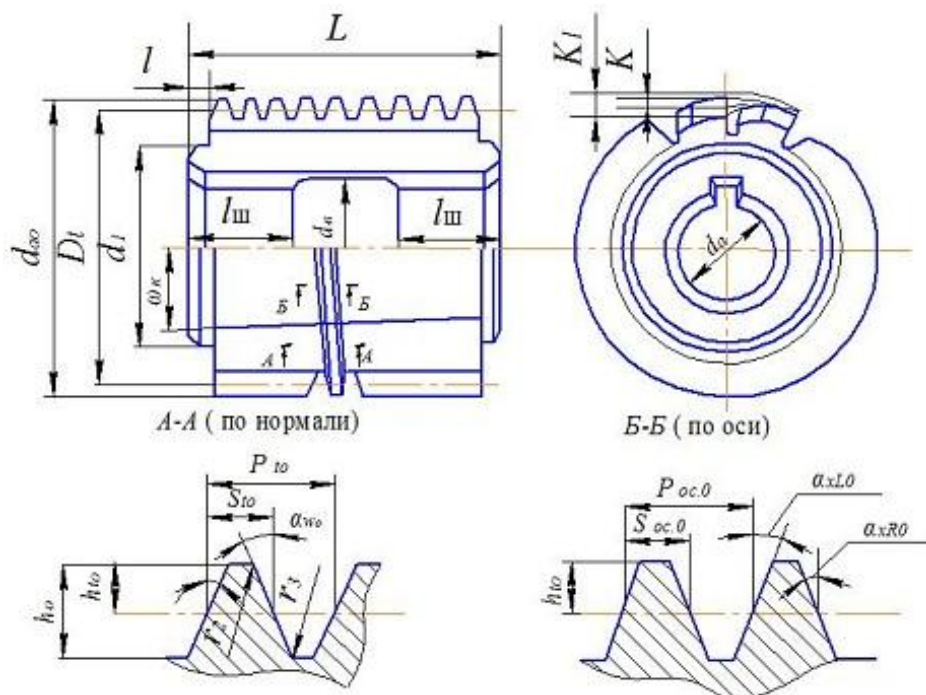


Рис. 4. Эскиз червячно-модульной фрезы

### 3.4. 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.

### 3.5. Исследование других параметров червячно-модульной фрезы

Согласно ГОСТ 9324-80 контроль точности червячных фрез рекомендуется производить по какой-либо одной из имеющихся трех групп проверок. Исследование имеет целью: определить, какому классу точности соответствует каждый из параметров фрезы. Рекомендуется исследовать отклонение диаметра посадочного отверстия  $f_d$ ; радиальное и торцовое биение буртиков  $f_y$ ,  $ft$ ; радиальное биение по вершинам зубьев  $frd_a$ ; отклонение профиля передней поверхности  $f_y$ ; 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 – 80 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
$f_d$	AA	H5	H5	H5
	A	H5	H5	H5
	B	H6	H6	H6
	C	H6	H6	H6
$f_y$	AA	5	5	5
	A	10	10	12
	B	16	16	20
	C	25	25	32
$ft$	AA	4	4	5
	A	6	6	8

	B	10	10	12
	C	16	16	10
$f_{rd_a}$	AA	16	16	20
	A	20	25	32
	B	32	40	50
	C	50	63	80
$f_{\gamma}$	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. 1.3.5) и сделать вывод о классе точности фрезы.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие причины заставляют отказаться от профилирования червячно-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  $0^\circ$ ?

8. На что влияет количество стружечных канавок червячной фрезы?

9. Какое направление имеют стружечные канавки и почему?

## Работа №10

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить назначение и расположение основных конструктивных элементов, а также геометрических параметров круглых протяжек.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Протяжки – это многолезвийные высокопроизводительные режущие инструменты. Они нашли широкое применение в серийном и массовом производствах.

Достоинства протяжек:

- высокая производительность, обуславливаемая тем, что припуск снимается одновременно несколькими зубьями. В целом производительность при протягивании в 3-12 раз выше, чем при других видах обработки;

- высокая точность и низкая шероховатость обработанных поверхностей благодаря наличию черновых, чистовых, калибрующих, а в некоторых конструкциях протяжек еще и выглаживающих зубьев. Протягивание может заменить фрезерование, строгание, зенкерование, развертывание, а иногда и шлифование;

- высокая стойкость инструмента, исчисляемая несколькими тысячами деталей. Это достигается благодаря оптимальным условиям резания и большим запасам на переточку;

- простота конструкции станков, которые не имеют коробок подач, а главное движение осуществляется чаще всего с помощью силовых гидроцилиндров.

По назначению протяжки подразделяются на две группы: для обработки внутренних поверхностей (отверстий) и для обработки наружных поверхностей.

1. Протяжки для обработки внутренних поверхностей бывают;

- круглые – для обработки круглых отверстий;

- шлицевые – для обработки шлицевых отверстий с любым типом шлицев;
- шпоночные – для обработки шпоночных пазов и пазов вообще;
- гранные – для многогранных отверстий;
- протяжки для обработки винтовых канавок.

Протяжки состоят из следующих основных частей (рис. 1): 1 – хвостовика, 2 – шейки, 3 – передней направляющей, 4 – режущей части, 5 – калибрующей части, 6 – задней направляющей, 7 – заднего хвостовика.

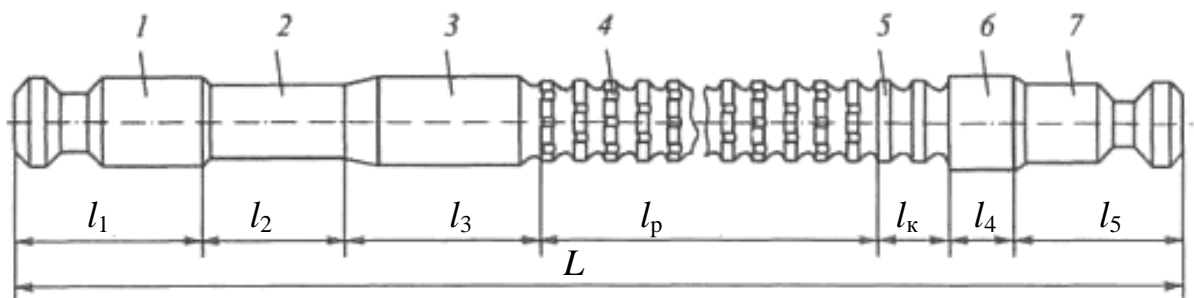


Рис. 1. Конструкция протяжки

Хвостовик служит для присоединения протяжки к патрону станка. Основные типы и размеры хвостовиков стандартизированы (ГОСТ 4044–70). При этом диаметр хвостовика должен быть меньше диаметра отверстия под протягивание на 1...2 мм.

Шейка и следующий за ней переходный конус выполняют вспомогательную роль. Их длина должна обеспечивать возможность присоединения протяжки к патрону перед началом протягивания. Переходный конус обеспечивает свободное вхождение передней направляющей в протягиваемое отверстие. Диаметр шейки изготавливают меньше диаметра хвостовика на 0,3...1,0 мм.

Передняя направляющая часть служит для центрирования оси заготовки относительно оси протяжки перед протягиванием, чтобы исключить появление перекоса заготовки, который может привести к поломке протяжки или порче обрабо-



танной поверхности. Форма передней направляющей должна соответствовать форме отверстия в заготовке.

Задняя направляющая часть выполняет ту же роль, что и передняя, предохраняя протяжку от перекоса при выходе ее калибрующей части из обработанного отверстия. По длине она несколько меньше длины передней направляющей, а ее форма должна быть такой же, как у протянутого отверстия.

Для возврата протяжки в исходное положение после протягивания, особенно при больших длине и диаметре протяжки, после задней направляющей иногда предусматривается задний хвостовик, закрепляемый в патроне каретки станка и по форме подобный переднему хвостовику. Наличие заднего хвостовика также предохраняет протяжку от провисания и перекоса в отверстии и позволяет избежать искажения формы и размеров обработанного отверстия.

Режущая (рабочая) часть протяжки служит для удаления припуска и формирования поверхности протянутого отверстия. Она содержит черновые и чистовые, а при групповой схеме резания еще и переходные зубья, располагаемые на ступенчато-конической поверхности. Длина режущей части равна произведению числа зубьев на их шаг, который, в свою очередь, зависит от требований к точности протягиваемого отверстия, шероховатости его поверхности и величины снимаемого припуска. Диаметры зубьев рассчитывают исходя из принятой схемы резания.

Калибрующая часть содержит 4...10 зубьев одинакового диаметра, равного диаметру последнего чистового зуба, и служит для калибровки отверстия, уменьшения разброса его размеров, а также является запасом на переточку: по мере износа чистовых зубьев калибрующие зубья заточкой могут быть переведены в чистовые, тем самым увеличивая общий срок службы протяжки.

Калибрующие зубья припуск не срезают, а удаляют микронеровности поверхности, остающиеся после прохода чистовых зубьев, и обеспечивают центрирование протяжки в отверстии.

Конструкция режущей части протяжки определяется принятой схемой резания, под которой понимают порядок последовательного срезания припуска.

Известны следующие схемы резания при протягивании (рис. 2): *а* – динарная; *б* – групповая; *в* – профильная; *г* – генераторная; *д* – комбинированная.

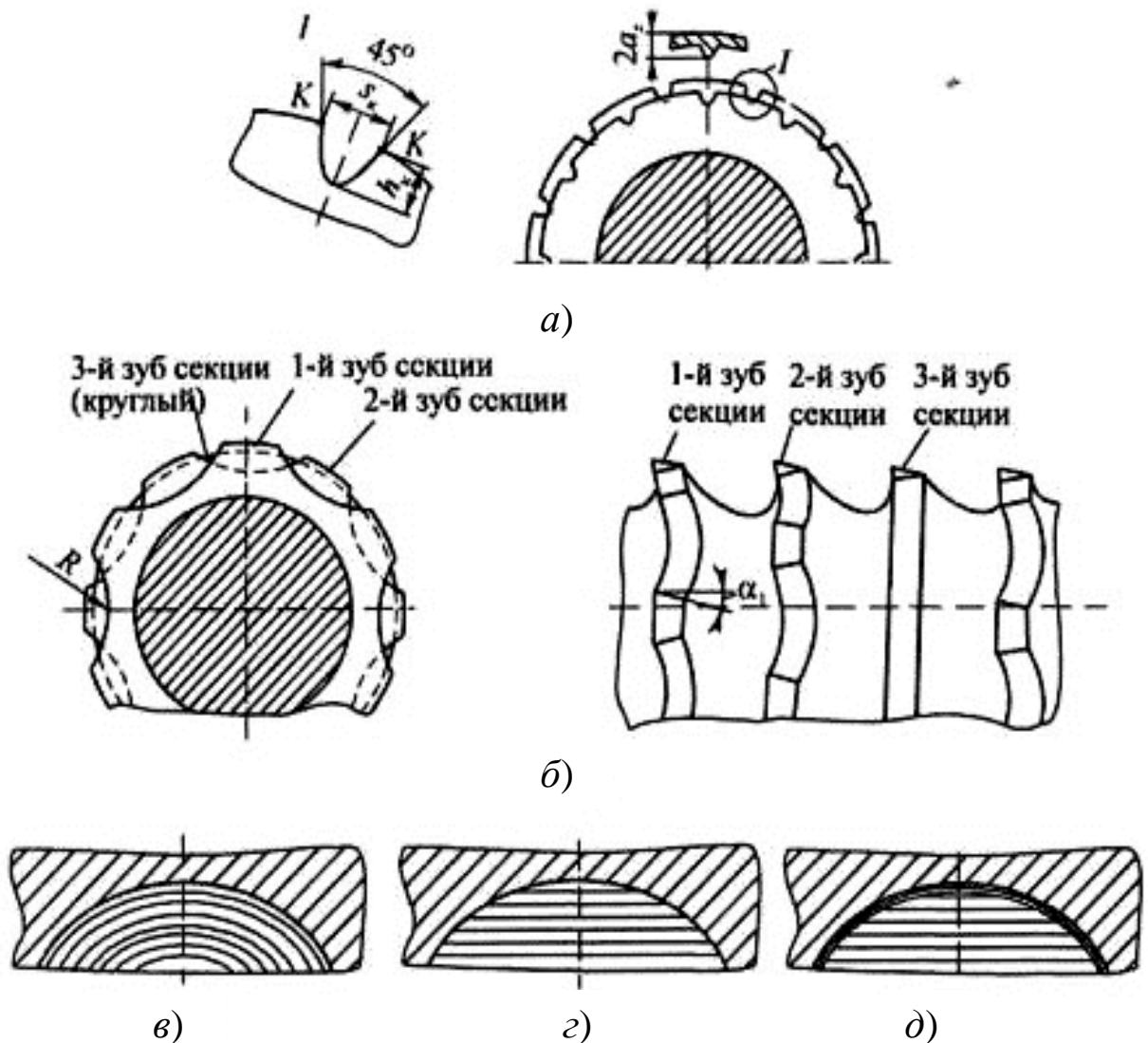


Рис. 2. Схемы резания, применяемые при протягивании

Одинарная схема резания характерна тем, что каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что

диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину  $2 S_z$ , где  $S_z$  – подъем или подача на зуб.

Так как кольцевая стружка недопустима, из-за трудности удаления из стружечных канавок, то для её деления на режущих кромках делают стружкоделительные канавки V-образной формы (рис. 2, а), которые располагают в шахматном порядке при переходе от одного зуба к другому. Стружкоделительные канавки прорезают шлифовальным кругом при небольшом ( $2...3^\circ$ ) поднятии заднего центра протяжки для создания заднего угла по дну канавки. При этом ослабляются режущие кромки зубьев в точках «К» пересечения канавок с задней поверхностью. Это приводит к более интенсивному износу зубьев на этих участках и, соответственно, к снижению стойкости протяжки.

Схема группового резания (рис. 2, б) отличается от вышеописанной тем, что все режущие зубья делятся на группы или секции, состоящие из  $2...5$  зубьев, в пределах которых зубья имеют одинаковый диаметр. Припуск по толщине делится между группами зубьев, а по ширине – между зубьями группы, благодаря широким выкружкам, выполненным в шахматном порядке. Каждый зуб снимает отдельные части припуска участками режущей кромки, где нет выкружек. При этом благодаря большой ширине выкружек снимаемая стружка не имеет ребер жесткости, хорошо скручивается в канавках между зубьями, даже при увеличении толщины среза.

При профильной схеме (рис. 2, в) контур всех режущих кромок подобен профилю протягиваемого отверстия. При этом в окончательном формировании обработанной поверхности принимают участие только последние зубья, а остальные служат для удаления припуска. При сложной форме отверстий использование такой схемы нецелесообразно, так как усложняет изготовление протяжки. Профильная схема в основном применяется при формировании простых по форме поверхностей, например, круглых или плоских.

При использовании генераторной схемы (рис. 2, г) форма режущих кромок не совпадает с формой обработанной поверхности, которая формируется последовательно всеми

зубьями.

В этом случае упрощается изготовление протяжки путем шлифования напроход всех зубьев абразивным кругом одного профиля. Однако при этом на обработанной поверхности возможно появление рисок (ступенек) вследствие погрешностей заточки зубьев, что ухудшает качество обработанной поверхности.

При высоких требованиях к шероховатости обработанной поверхности рекомендуется использовать комбинированную схему (рис. 2, д), при которой два-три последних режущих и калибрующие зубья работают по профильной, а остальные – по генераторной схеме.

Форма, размеры, геометрические параметры зубьев и стружечных канавок, проверочные расчеты при проектировании круглых протяжек, а также работоспособность протяжки во многом зависят от выбранной формы зубьев и размеров стружечных канавок. Зубья протяжки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать возможно большее количество переточек;
- иметь определенный запас прочности и тем самым противостоят действующим на него силам;
- иметь геометрию, при которой обеспечивается наибольшая стойкость протяжки;
- форма и размеры стружечной канавки должны обеспечивать завивание стружки в плотный виток, а объем канавки должен быть достаточным для свободного размещения стружки, срезаемой за время контакта зуба с заготовкой.

Увеличение размеров зубьев и стружечных канавок ограничивается допустимыми значениями длины протяжки и ее прочностью.

Для протягивания характерно только наличие главного движения, которое совершает инструмент или заготовка.

Процесс протягивания осуществляется на специальных горизонтальных или вертикальных протяжных станках.

На рис. 3 показана схема протягивания.

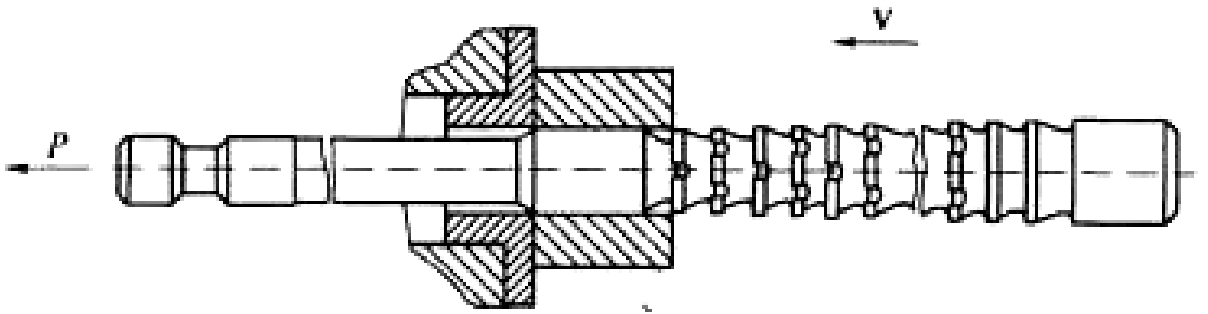


Рис. 3. Схема протягивания

Каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину  $S_z$ , где  $S_z$  – подъем или подача на зуб.

На рис. 4 представлена геометрия режущих зубьев круглой протяжки.

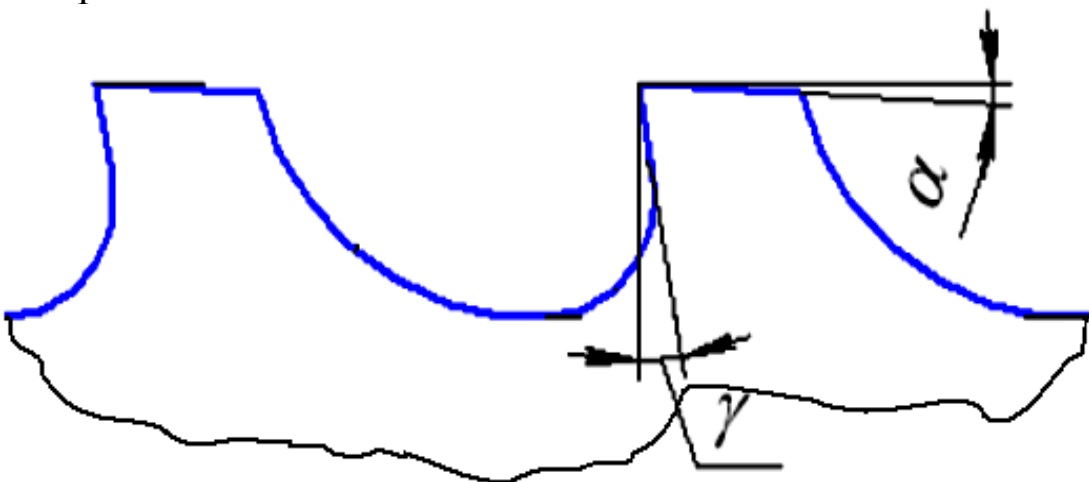


Рис. 4. Геометрия режущих зубьев круглой протяжки

Передний угол  $\gamma$  выбирается по рекомендациям в зависимости от обрабатываемого материала. Так, для сталей разных групп обрабатываемости  $\gamma = 10...20^\circ$ , для чугунов разной твердости  $\gamma = 4...10^\circ$ , для алюминия и меди  $\gamma = 12...15^\circ$ .

Учитывая, что зубья внутренних протяжек перетачиваются только по передней поверхности и при переточке их диаметр уменьшается, на черновых зубьях задний угол  $\alpha = 3^\circ$ , на чистовых  $\alpha = 2^\circ$ , а на калибрующих  $\alpha = 0...1^\circ$ . Эти значения задних углов значительно меньше оптимальных, в результате

чего снижается стойкость инструмента. Однако увеличивать их нельзя, так как это привело бы к быстрой потере размера протяжки при переточках.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить и измерить конструктивные элементы протяжки (см. рис. 1), результаты занести в таблицу 1;

Таблица 1

Конструктивные размеры элементов протяжки, мм

$D_k$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_p$	$l_k$	$l_4$	$l_5$	$L$

Измерить задний и передний углы у режущих зубьев круглой протяжки и внести в таблицу 2.

Таблица 2

Геометрические параметры круглой протяжки, град

$\gamma$	$\alpha$

3. Сделать эскиз протяжки.

### 4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Комплект круглых протяжек;
2. Штангенциркуль (микрометр);
3. Универсальный угломер

### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите виды протяжек.
2. Какие существуют схемы резания при протягивании?
3. Перечислите основные части протяжки.
4. Перечислите преимущества операции протягивания?
5. Чем протяжки отличаются от прошивок?

## Работа №11

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы – практическое изучение основных конструктивных параметров зенкеров. В задачи работы входят изучение методов и средств формирования и контроля винтовых задних поверхностей зенкеров и исследование их геометрических параметров.

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зенкерование – это операция по обработке готовых отверстий после сверления, литья, штамповки и других способов формообразования отверстия. Зенкеры применяют для обработки отверстий с допусками H11, H12. В зависимости от назначения и условий обработки зенкеры имеют различные конструкции

Осуществляется операция зенкерования с помощью инструментов, которые в зависимости от конструктивных особенностей и назначения имеют следующие названия:

- зенкеры машинные цельные с метрическим конусом либо конусом Морзе;
- зенкеры насадные с напаянными пластинами из твердого сплава, либо с их механическим креплением;
- зенковки (конические и цилиндрические) для формирования фасок и «потайных» углублений для винтов и шурупов;
- зенкеры для цилиндрических углублений (цековка);

На рис. 1 показан хвостовой зенкер из быстрорежущей стали, имеющий винтовые передние и задние поверхности. Главный угол в плане у зенкера  $\varphi = 60^\circ$ . Для повышения стойкости при обработке стали зенкер часто снабжают переходной кромкой, расположенной под углом  $30^\circ$ . Передний и задний углы зенкера задают в точке, наиболее удаленной от оси зенкера. Передний угол для обработки стали и чугуна  $\gamma = 6...12^\circ$ ,

для обработки цветных металлов и сплавов  $\gamma = 20...30^\circ$ . Задний угол зенкера  $\alpha = 6...10^\circ$ . Твердосплавные зенкеры имеют обычно двухплоскостную форму задней поверхности.

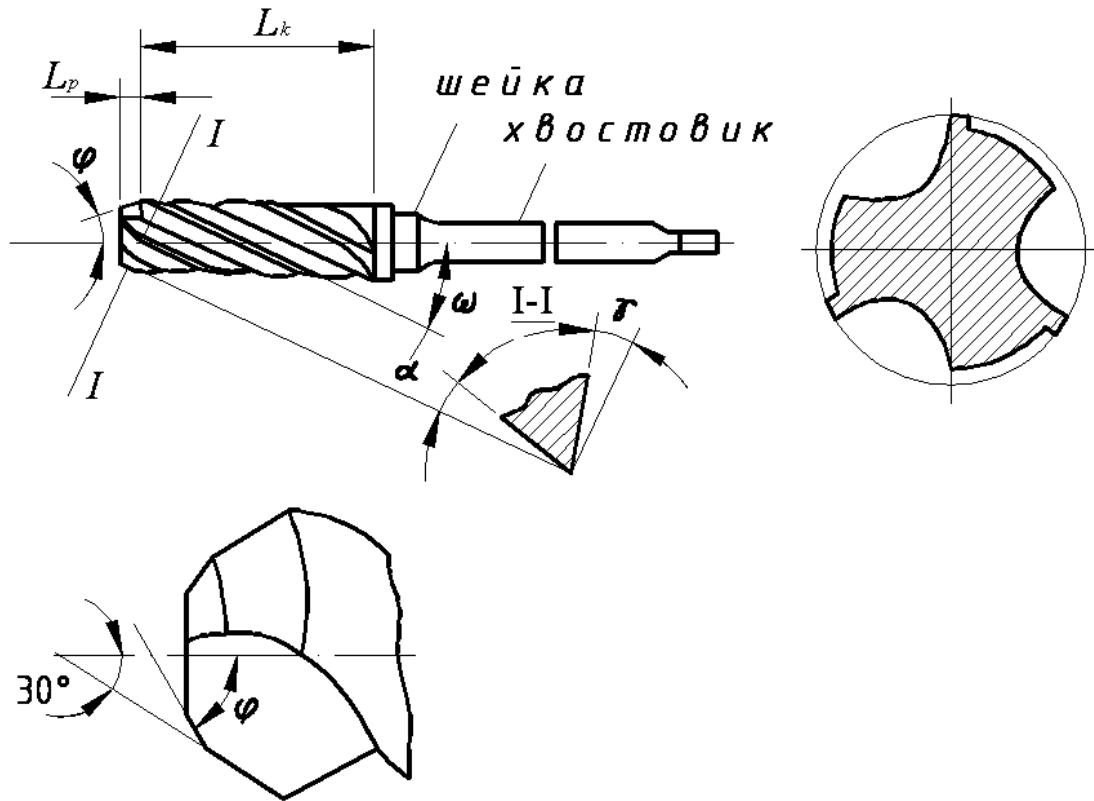


Рис. 1. Зенкер с коническим хвостовиком

Характер изнашивания зенкеров зависит от обрабатываемого материала. При обработке деталей из чугуна для зенкеров из инструментальной стали лимитирующим является износ  $\mu_y$  по уголкам. При обработке деталей из стали лимитирующим износом является износ по ленточке  $\mu_{л}$  (рис. 2).

Средние величины износа зенкеров при обработке стали  $\mu_{л} = 1,0...1,2$  мм, а при обработке чугуна  $\mu_y = 0,8...1,5$  мм.

Твердосплавные зенкеры изнашиваются главным образом по задней поверхности и уголкам. Допустимые величины износа по задней поверхности для зенкеров диаметром до 20 мм  $\mu_3 = 1,0$  мм; св. 20 до 40 мм  $\mu_y = 1,2$  мм; св. 40 до 60 мм  $\mu_3 = 1,4$  мм; св. 60  $\mu_3 = 1,6$  мм.

Для восстановления режущей способности зенкеры необходимо затачивать по задней поверхности перьев (зубьев). При затачивании снимается весь затупленный участок и для



полной гарантии качества заточки – дополнительный слой толщиной 0,2 мм.

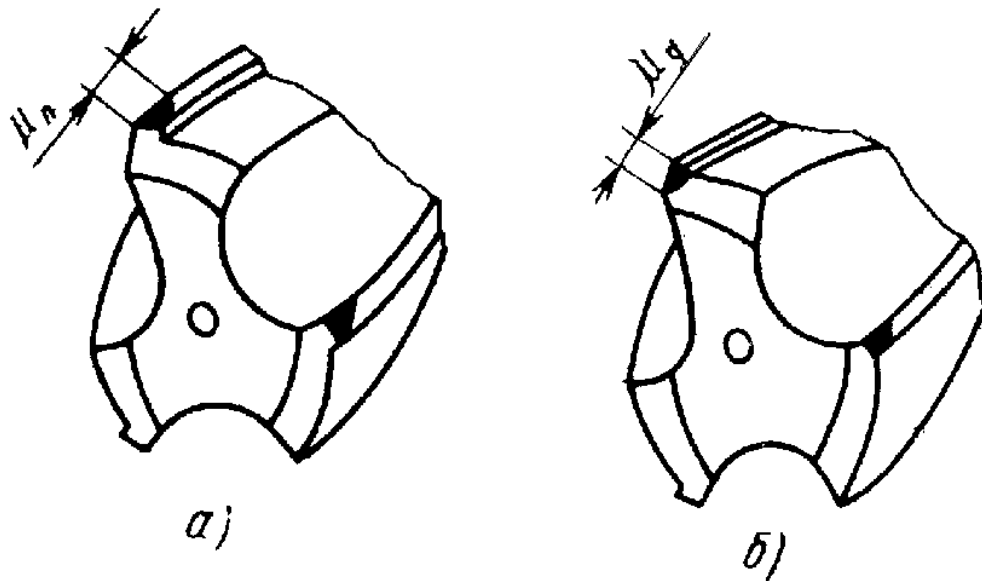


Рис. 2. Характер лимитирующего износа зенкеров:  
а) при обработке стали; б) при обработке чугуна

### 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 зенкера

№	$D_0$	$D$	$L_p$	$L_k$	$L$	$L_{ш}$	$L_x$	$L_{рк}$	$a$	$\omega$	$\gamma$	$\alpha$

4. Сделать эскиз зенкера

### 4. ОБОРУДОВАНИЕ

- 1 Набор зенкеров.
- 2 Штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер, масштабная линейка, транспортир
- 3 Копировальная бумага

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать тип зенкера, описание его назначения, результаты измерений и эскиз зенкера.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены зенкеры?
2. Чем определяется характер изнашивания зенкера?
3. Как определяется шаг винтовой поверхности кулачка?
4. Чему равна величина допустимого стачивания хвостовых зенкеров?

## Работа № 12

## 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 твёрдого сплава, с хвостовиком и насадные;
6. Машинные со вставными зубьями, оснащёнными твёрдым сплавом;
7. Конические: под конические штифты, под коническую резьбу, под конус Морзе, под метрический конус, с конусностью 1:30;
8. Цилиндрические мелкогабаритные с утолщённым хвостовиком;
9. Котельные.

На рисунке 1 представлены различные виды разверток.

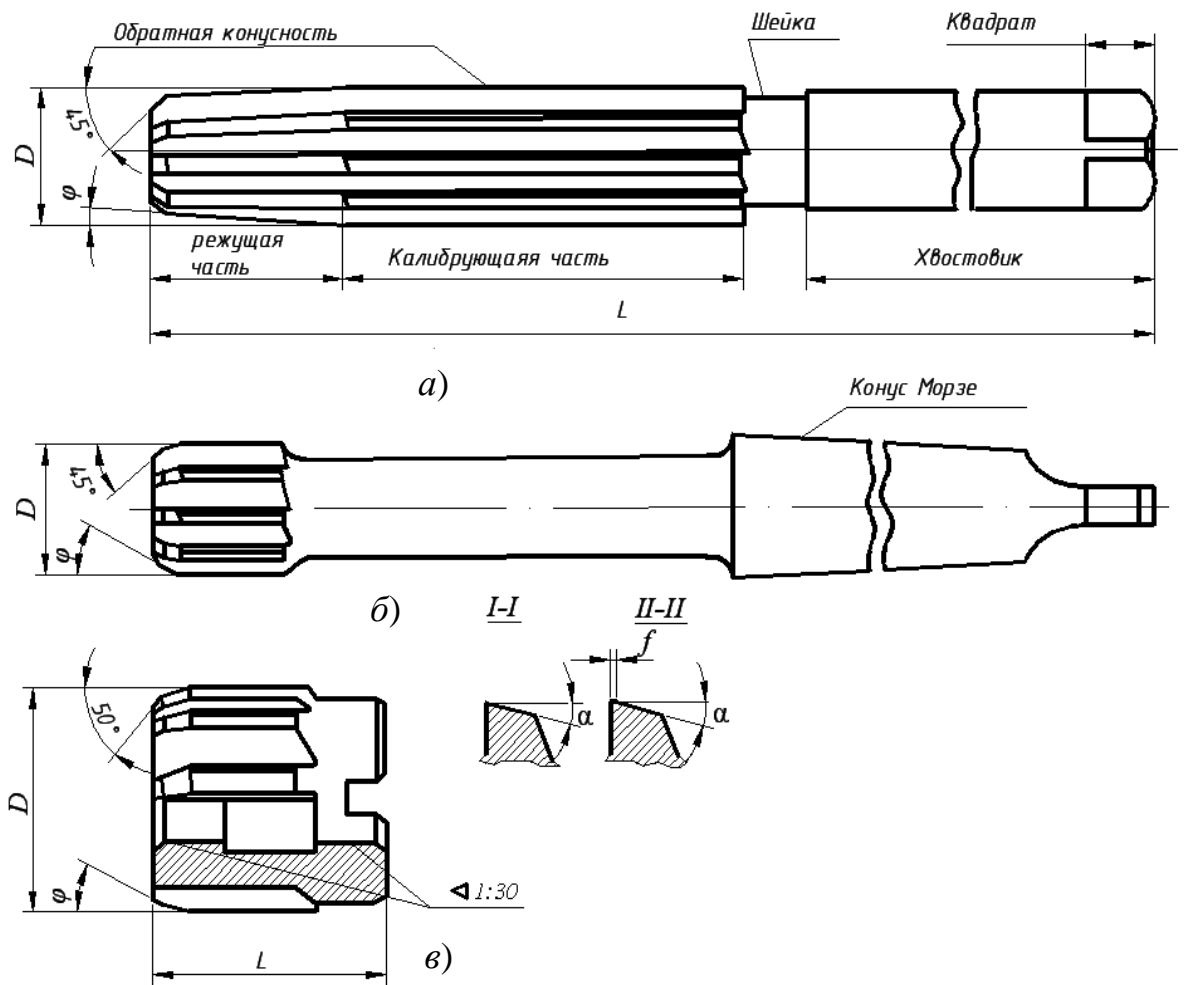


Рис. 1. Развертки: *а* – ручная; *б* – машинная; *в* – машинная насадная

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  $\varphi$  у машинных разверток выбирается в пределах от  $5$  до  $45^\circ$ , наиболее распространен  $\varphi = 15^\circ$ , у ручных разверток  $\varphi = 1 \dots 1,5^\circ$ . 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  $\mu_3 = 0,3 \dots 0,8$  мм, у твердосплавных разверток  $\mu_3 = 0,1 \dots 0,3$  мм.

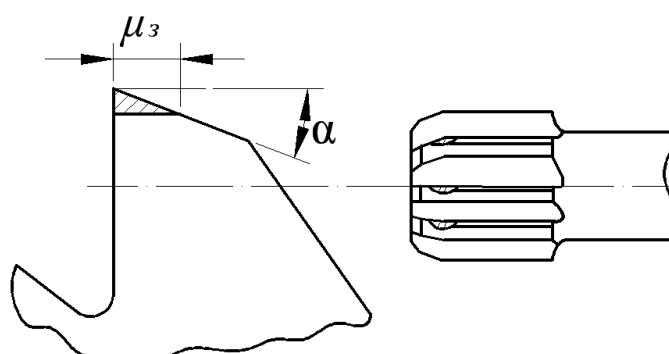


Рис. 2. Характер изнашивания разверток

### 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

$N_0$	$D_0$	$D$	$L_p$	$L_k$	$L$	$L_{ш}$	$L_x$	$L_{рк}$	$a$	$\omega$	$\gamma$	$\alpha$

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?

## 2. СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студента – это способ деятельности студента во внеаудиторное время. Она рассматривается как целенаправленная работа для получения новых знаний, формирование умения самостоятельно работать с книгой, а также формирование умения учиться на протяжении всей профессиональной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов следующие:

- чтение текста учебника;
- конспектирование текста учебника; учебного пособия;
- составление плана и тезисов ответа;
- подготовка к коллоквиуму;
- чтение дополнительной литературы;
- ответы на контрольные вопросы;
- выполнение курсовой работы.

Контроль самостоятельной работы студента осуществляется один раз в месяц на 5, 9, 13, 17 неделях в пределах тем и разделов дисциплины, предназначенных для самостоятельного изучения

### ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К КОЛЛОКВИУМУ

#### Коллоквиум №1

1 Определение, назначение и классификация режущих инструментов.

2. Качественные показатели и технические требования, предъявляемые к режущему инструменту.

3. Основные требования к инструментальным материалам.

4. Инструментальные стали, классификация область применения.

5. Твердые сплавы, классификация область применения.

6. Режущая керамика, классификация область применения.

7. Сверхтвердые материалы, классификация область применения.

#### Коллоквиум №2

1. Основные части инструмента.

2. Инструменты универсального, полууниверсального и специального назначения.

3. Инструменты составной и сборной конструкции.
4. Виды крепления рабочих элементов, типовые конструкции сборных инструментов.
5. Типы и назначение резцов.
6. Стружколомающие устройства.
7. Резцы твердосплавные: напайные, сборные, с многогранными пластинами твердого сплава.

#### Коллеквиум №3

1. Инструменты для обработки отверстий. Особенности условий их работы. Инструменты для обработки отверстий в сплошном материале и для увеличения диаметра отверстий.
2. Сверла, область применения, классификация, основные конструктивные элементы.
3. Зенкеры и развертки, область применения, классификация, основные конструктивные элементы.
4. Сверла для обработки глубоких отверстий, классификация, основные конструктивные элементы.
5. Протяжки и прошивки, область применения, классификация, основные конструктивные элементы.
6. Фрезы, область применения, классификация, основные конструктивные элементы.

#### Коллеквиум №4

1. Инструменты для нарезания резьбы.
2. Метчики, область применения, классификация, основные конструктивные элементы.
3. Плашки, область применения, классификация, основные конструктивные элементы.
4. Резьбонарезные фрезы. Область применения, классификация, основные конструктивные элементы.
5. Абразивные инструменты, назначение, характеристика, классификация.
6. Виды и характеристика абразивных материалов. Виды связок.
7. Твердость, структура круга.
8. Алмазные инструменты.



## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО КУРСУ «РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»

- 1 Роль металлорежущего инструмента в производстве.
- 2 Методы повышения производительности режущего инструмента.
- 3 Конструктивные и геометрические параметры режущего инструмента
- 4 Фасонные резцы, геометрия режущего лезвия. Графическое и аналитическое профилирование круглых и призматических фасонных резцов.
- 5 Абразивные материалы и изделия
- 6 Шлифовальные круги, зернистость и связки шлифовальных кругов.
- 7 Шлифовальные круги, твердость и структура круга. Маркировка шлифовальных кругов. Специальные шлифовальные круги.
- 8 Зернистость и связки алмазных шлифовальных кругов. Концентрация алмазов в кругах. Правила эксплуатации алмазных кругов.
- 9 Синтетические алмазы, синтетические сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора. Область применения.
- 10 Инструменты для обработки отверстий. Сверла, конструктивные элементы сверл. Угол режущей части, угол наклона винтовой канавки.
- 11 Углы режущей кромки сверл. Методы улучшения геометрии сверл
- 12 Форма задней поверхности сверл, их преимущества и недостатки. Методы улучшения геометрии сверл. Сверла для глубокого сверления
- 13 Сверла для глубокого сверления, классификация и назначение. Область применения. Основные требования, предъявляемые к ним.
- 14 Зенкеры, классификация и назначение. Выбор конструктивных и геометрических параметров зенкеров.
- 15 Развертки, конструктивные и геометрические элементы развертки. Допуски на наружный диаметр развертки.

16 Фрезы, назначение и классификация. Конструктивные элементы и расчет фрез с острозаточенными зубьями (диаметр, число зубьев, шаг)

17 Конструктивные элементы и расчет фрез с затылованными зубьями. Выбор кривой затылования. Выбор конструктивных и геометрических элементов.

18 Требования к материалам для изготовления металлорежущих элементов. Инструментальные стали. Требования к ним. Углеродистые и легированные инструментальные стали.

19 Твердые сплавы. Классификация, назначение и область применения.

20 Быстрорежущие инструментальные стали. Классификация, назначение и область применения.

21 Керамические режущие материалы и керметы. Классификация, назначение и область применения.

22 Алмазы и алмазные инструменты. Классификация, назначение и область применения.

23 Резцы. Форма передней поверхности. Стружколоматели.

24 Конструктивные и геометрические элементы протяжек для внутреннего протягивания. Выбор параметров режущей части.

25 Протяжки. Припуски под протягивание. Стружкоразделительные устройства.

26 Схемы резания при протягивании

27 Фрезы. Форма зубьев у острозаточенных фрез.

28 Круглые реьбонарезные плашки. Конструктивные и геометрические элементы плашек.

29 Инструмент для накатывания резьб. Габаритные и конструктивные элементы резьбонакатных роликов.

30 Инструмент для накатывания резьб. Габаритные и конструктивные элементы резьбонакатных плашек. Диаметр и материал заготовок под накатывание резьбы.

31 Резьбонарезные головки для нарезания наружных резьб, головки с круглыми радиальными плашками. Вихревой метод нарезания резьб.

32 Инструменты для получения резьбы. Инструменты для нарезания резьбы. Метчики и их классификация, конструктивные и геометрические элементы, схемы распределения работы.

33 Резьбонарезные фрезы, классификация и назначение, конструктивные и геометрические элементы гребенчатых резьбонарезных фрез.

34 Резьбонарезные фрезы, классификация и назначение, конструктивные и геометрические элементы дисковых резьбонарезных фрез.

## 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 общеинженерных 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 согласно 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 КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### 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 ПК, 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 8.417-81) 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 2.102-68, ГОСТ 2.120-73).

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 1435-74) применяются в основном для изготовления ручного инструмента.

Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950-73) 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 с  $\sigma \leq 900-1000$  МПа и чугунов, а также для условий крупносерийного и массового производств.

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 2209-82, ГОСТ 17163-62, ГОСТ 20312-82, ГОСТ 25395-82, ГОСТ 25396-82, ГОСТ 25398-82, ГОСТ 25401-82, 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 25557-82) 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 16212-70.

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 25827-83.

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 2.316-68.



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 ча-

сти 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 позволяет 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 многоинструментальной 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 конструктивные 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 ПК по программе, разработанной на кафедре 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  $\alpha$  и передних  $\gamma$  углов фасонного резца

Значение задних и передних углов	Номера узловых точек						
	1	2	3	4	5	.....	$i$
$\alpha_i$							
$\gamma_i$							

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, обрабатываемый 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 контршаблона 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 ПК.

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

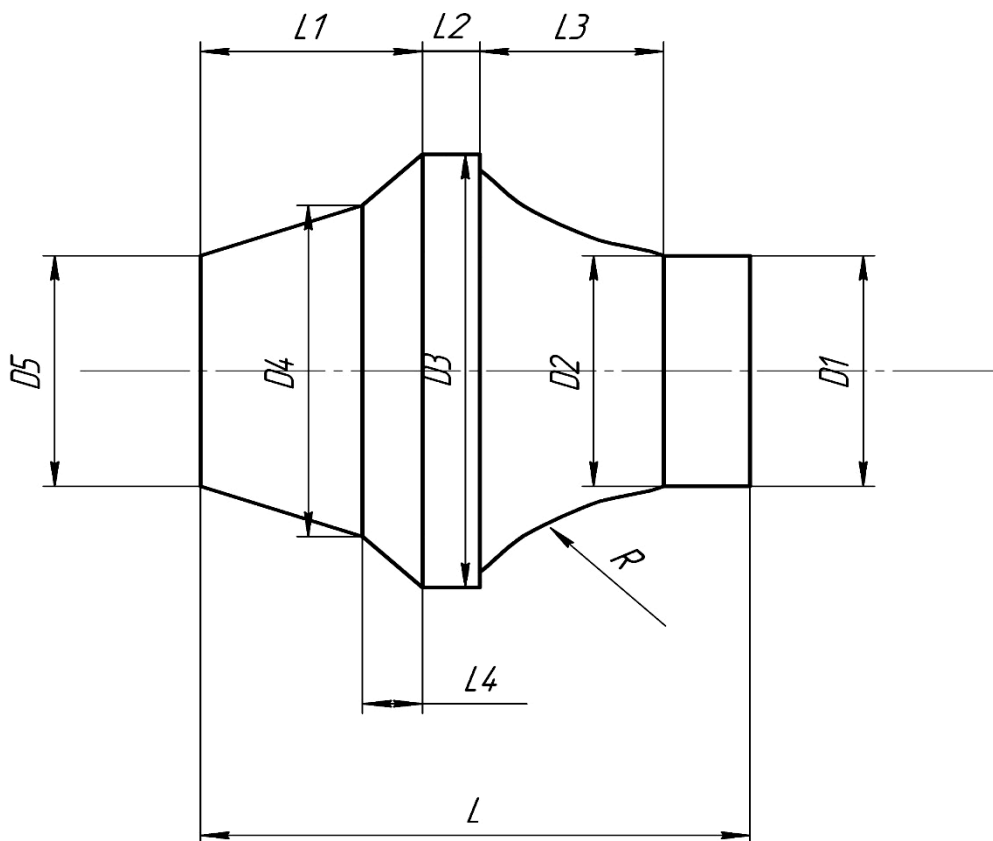


Таблица 1

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



Продолжение табл. 1

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

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

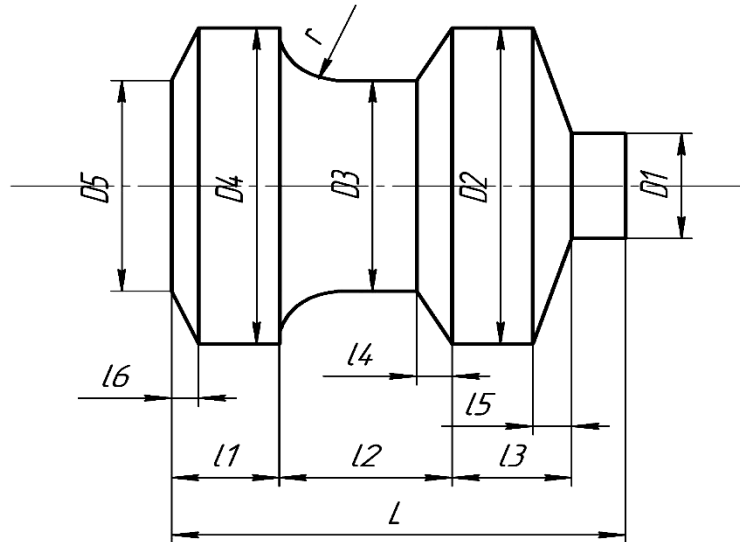


Таблица 2

Вариант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	$l5$	$L$	Материал детали	Тип резца
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	Д
58	8	11	18	20	5	11	10	5	5	30	СтальР6М5	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

Станок токарно-револьверный

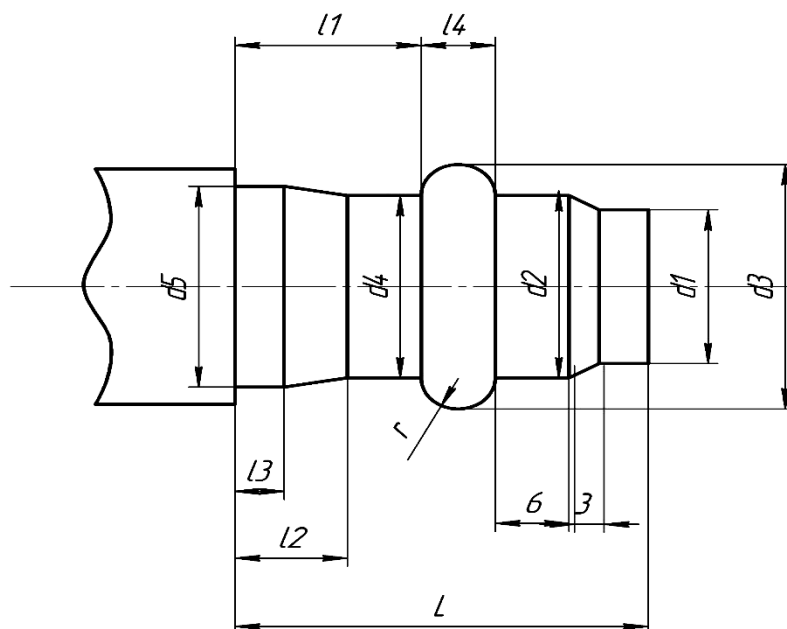
Размеры  $r = 2l4$ ,  $d4 = d2$ 

Таблица 3

Вариант	$d1$	$d2$	$d3$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	$l4$	$L$	Материал детали	Тип резца
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	Алюминий	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	Алюминий	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  $R1 = 0,5l4$ ,  $l4 = 10$  мм,  $d4 = d3$

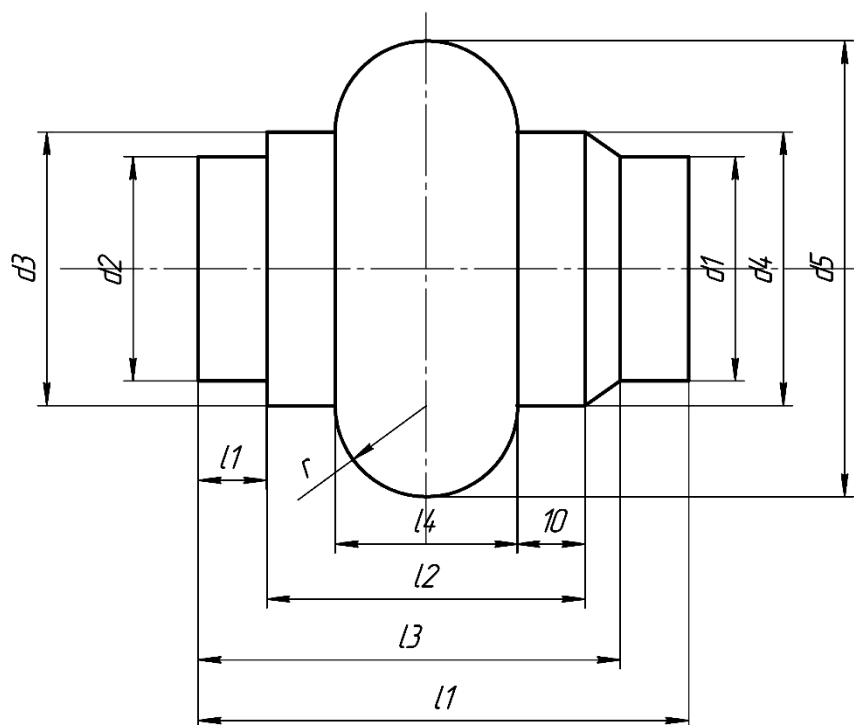


Таблица 4

Вариант	$d1$	$d2$	$d3$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	$L$	Материал деталей	Тип резца
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	Алюминий	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

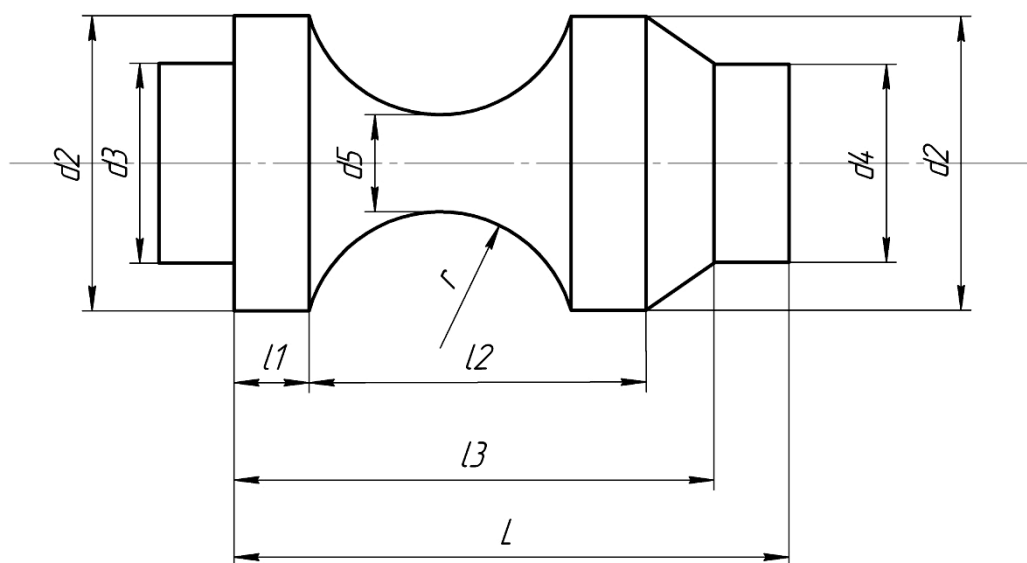


Таблица 5

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

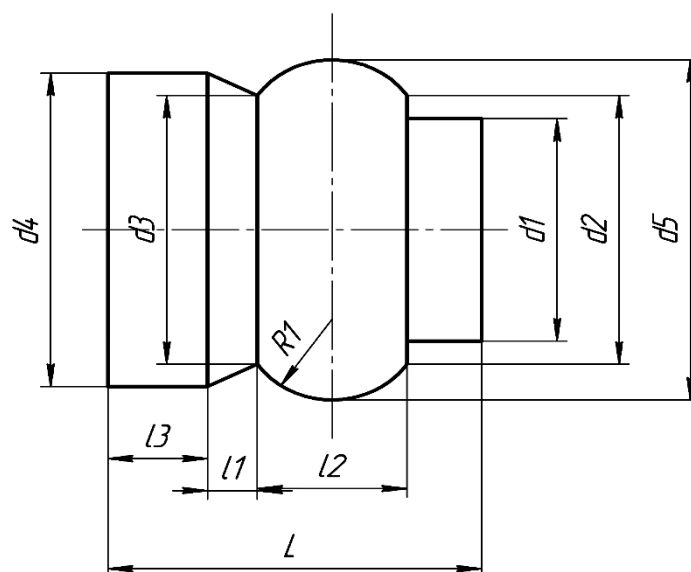


Таблица 6

Вариант	$d1$	$d2$	$d3$	$d4$	$d5$	$l1$	$l2$	$l3$	$L$	$R1$	Материал детали	Тип резца
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

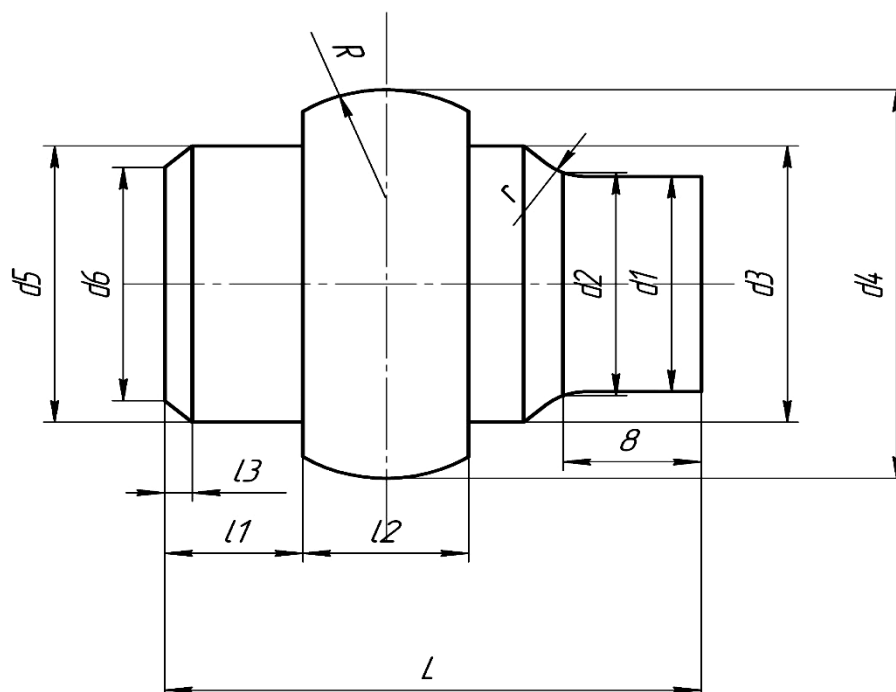
Размер  $R = 0,5l_2$ ,  $d_5 = d_3$ 

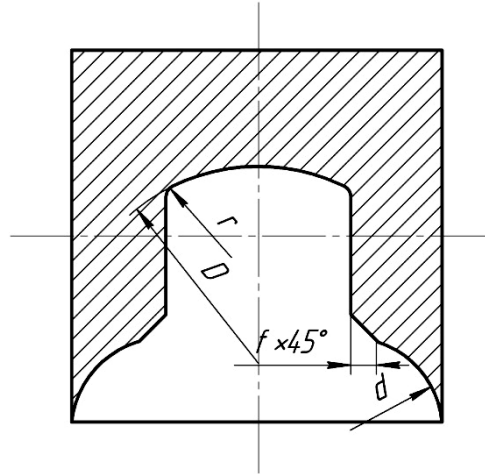
Таблица 7

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

Таблица 2

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 40Х	Г
82	6	26	32	5	0,3	0,2	40	Сталь 40Х	Г
83	6	23	26	5	0,3	0,2	45	Сталь 40Х	Г
84	6	46	50	10	0,5	0,5	60	Сталь 40Х	О
85	6	16	20	4,5	0,3	0,2	20	Сталь 20Х	О
86	6	21	25	4	0,3	0,2	40	Сталь 40Х	О
87	6	23	28	5	0,3	0,2	45	Сталь 40Х	О
88	6	28	34	6	0,4	0,3	50	Сталь 40Х	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 40Х	Г
91	6	18	22	6	0,3	0,2	50	Сталь 20Х	Г
92	8	32	38	6	0,4	0,2	40	Сталь 40Х	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 Х	О
95	14	62	72	6	0,5	0,5	40	Сталь 6ХС	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 Х12	О
99	6	13	16	3	0,3	0,2	15	Сталь 4ХС	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 X	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	Сталь40Х	Г
113	6	46	54	10	0,5	0,5	50	Сталь40Х	О
114	6	52	60	12	0,5	0,5	65	Сталь40Х	Г
115	8	32	38	6	0,4	0,3	40	Сталь40Х	О
116	8	42	48	8	0,4	0,3	50	Сталь40Х	Г



Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
117	8	32	36	5	0,3	0,2	30	Сталь40Х	О
118	8	36	40	6	0,3	0,2	50	Сталь20Х	Г
119	8	42	46	7	0,4	0,3	60	Сталь20Х	О
120	8	46	50	8	0,4	0,3	65	Сталь40Х	Г
121	8	52	58	9	0,4	0,3	65	Сталь40Х	О
122	8	56	62	9	0,5	0,5	75	Сталь40Х	Г
123	8	36	42	6	0,3	0,2	50	Сталь20Х	О
124	8	46	54	8	0,4	0,3	50	Сталь20Х	Г
125	12	32	40	5	0,4	0,3	20	Сталь40Х	Г
126	12	46	56	6	0,4	0,3	20	Сталь20	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	Сталь40Х	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 Х	О
134	10	36	40	5	0,4	0,3	25	СтальУ7А	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 40Х	О
137	48(H7)	90	Сталь 20	Г
138	50(H7)	75	Сталь 40Х	Г
139	50(H8)	60	Сталь 40Х	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 40Х	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 40Х	Г
150	40(H7)	90	Сталь 20Х	Г
151	42(E8)	80	Сталь 40Х	Г
152	45(H6)	90	Сталь 20	Г
153	52(H8)	90	Сталь 40Х	Г
154	55(H9)	100	Сталь 20Х	Г
155	56(H8)	70	Сталь 50	О
157	60(H9)	95	Сталь 40Х	Г
158	35(N9)	75	Сталь 20Х	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 20Х	Г
163	14(H7)	24	Сталь 40Х	О
164	16(H8)	30	Сталь У7А	Г
165	17(N9)	35	Сталь Х	О
166	18(H8)	36	Сталь 6ХС	Г

Продолжение табл. 4

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 4XC	Г
171	24(H8)	50	СтальУ10А	Г
172	25(H7)	55	Сталь 20	О
173	26(H7)	60	Сталь X	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 40X	Г
180	63(H8)	90	Сталь 20X	О
181	65(H8)	95	Сталь 40	О
182	70(H9)	95	Сталь 50	Г
183	75(N9)	90	Сталь 40X	Г
184	80(E8)	100	Сталь 20X	Г
185	85(H7)	100	Чугун	Г
186	90(H8)	105	Сталь 20X	Г
187	95(H7)	102	Сталь 40X	О
188	100(H7)	103	Сталь У7А	О
189	105(H8)	110	Сталь X	О
190	10,2(N9)	20	Сталь 35	Г
191	10,8(H8)	25	Сталь 6XC	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 4XC	О
196	14,5(H8)	30	СтальУ10А	Г
197	15,5(H7)	32	Сталь 20	О
198	16,5(H7)	15	Сталь X	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 $\varphi$	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

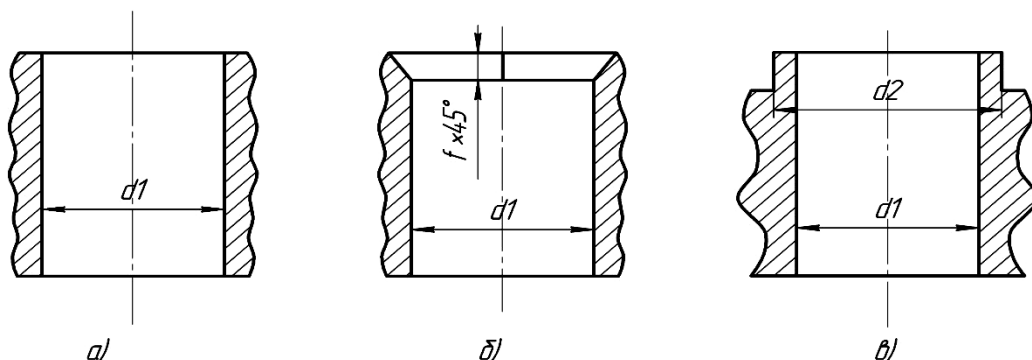
Вариант	Размеры державки		Длина резца $L$	Главный угол в плане $\varphi$
	высота $h$	ширина $b$		
22	16	16	150	45
23	25	20	160	50
24	20	20	170	55
25	25	25	180	60
26	25	16	200	65

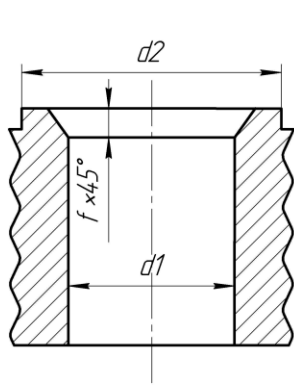
3.3. Спроектировать резцовый блок с резцами, оснащенными композитом для обработки отверстия

Таблица 3

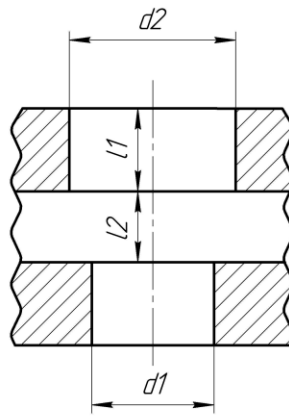
Вариант	Диаметры отверстий		Длина ступеней	
	$D1$	$D2$	$L1$	$L2$
27	36	45	20	30
28	30	40	25	35
29	40	60	30	40
30	45	65	35	45
31	50	70	40	50

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

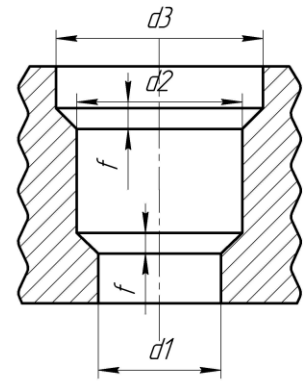




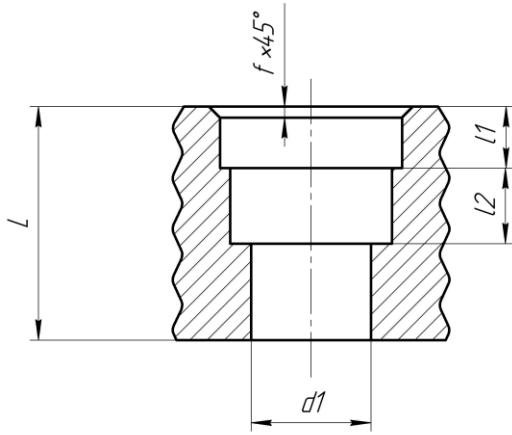
z)



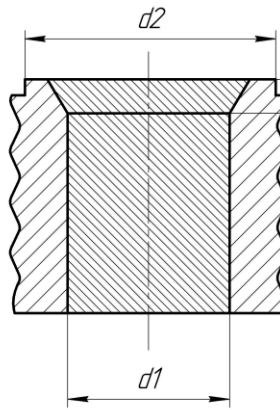
d)



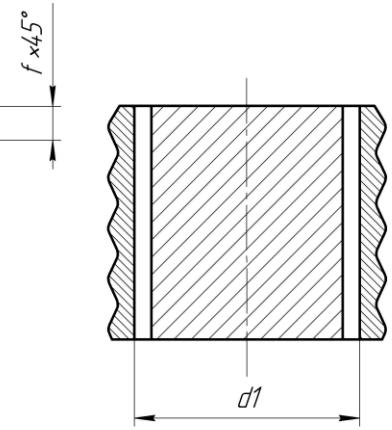
e)



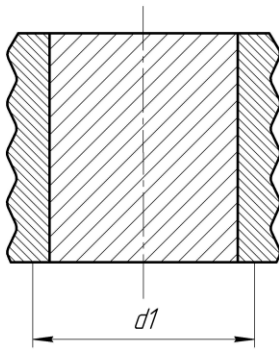
x)



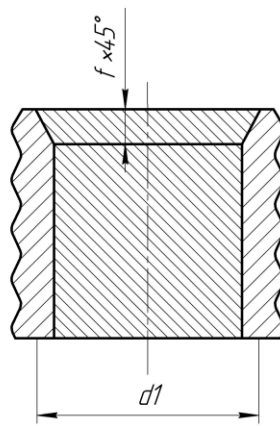
3)



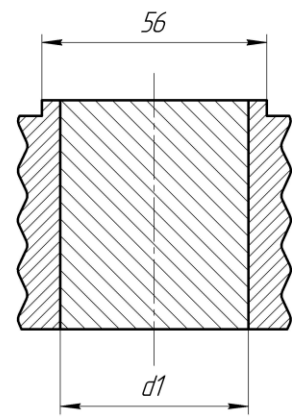
u)



k)



n)



m)



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.	M10	–	–	–	–	–	–
97	и	свер.-метч.	M12	–	–	–	–	–	–
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.	M11	–	–	–	–	–	–
154	и	свер.-метч.	M19	–	–	–	–	–	–
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. Режущие инструменты: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкт.-технолог. обеспечение машиностроит. пр-в»/В.А.Гречишников [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 300 с.

2. Проектирование режущего инструмента: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Конструкт.-технолог. Обеспечение машиностроит. пр-в» / В. А. Гречишников [и др.]; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. – Старый Оскол: ТНТ, 2010.

3. Металлорежущие инструменты: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г. Н. Сахаров [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с .

4. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, В. И. Шагун; под ред. Е. Э. Фельдштейна. – 2 изд., испр. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.