

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

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составители  
В. А. Коротков  
В. С. Люкшин

## **ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ**

**Методические материалы**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензент

Рябов С. А. – кандидат технических наук, доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

**Коротков Виталий Александрович**

**Люкшин Владимир Сергеевич**

**Процессы и операции формообразования** : методические материалы для обучающихся направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра металлорежущих станков и инструментов ; составители: В. А. Коротков, В. С. Люкшин. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (7354 КБ). – Текст : электронный.

Методические указания содержат сведения о процессах и операциях формообразования, инструментах предназначенных для изготовления деталей машин, порядок выполнения работ, контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по процессам и операциям формообразования в машиностроении.

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

© Коротков В. А., Люкшин В. С.,  
составление, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 «Классификация, конструкция и геометрия токарных резцов»	4
Лабораторная работа №2 «Изучение конструкции и геометрии спиральных свёрл»	25
Лабораторная работа №3 «Изучение конструкции и геометрии зенкеров и развёрток»	32
Лабораторная работа №4 «Изучение конструкции и геометрии круглых протяжек»	39
Лабораторная работа №5 «Изучение конструкции и геометрии цилиндрических фрез»	49
Лабораторная работа №6 «Изучение конструкции и геометрия метчика и плашки»	57
Лабораторная работа №7 «Изучение конструкции и геометрии зуборезного долбяка»	70
Лабораторная работа №8 ««Изучение конструкции и характеристик шлифовальных инструментов»	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	91



# **Лабораторная работа №1**

## **«Классификация, конструкция и геометрия токарных резцов»**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Ознакомление с классификацией, конструктивными и геометрическими элементами различных типов токарных резцов.

2. Изучение конструкции измерительных приборов и приемов работы при измерении геометрических параметров токарных резцов.

### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **2.1. Классификация токарных резцов**

Резцы классифицируют по следующим признакам:

- По способу обработки резанием:
  - токарные;
  - строгальные;
  - долбежные.
- По характеру обработки:
  - обдирочные (черновые);
  - чистовые (отличаются от черновых резцов увеличенным радиусом закругления вершины, благодаря чему шероховатость обработанной поверхности уменьшается);
  - резцы для тонкого точения.
- По назначению:
  - проходной (рис. 2, а) – для обтачивания заготовки вдоль оси ее вращения;
  - проходной отогнутый (рис. 2, б) – для обтачивания заготовки вдоль оси ее вращения, а так же для подрезания торцов;
  - проходной упорный (рис. 2, в) – для наружного обтачивания с подрезкой уступа под углом  $90^\circ$  к оси;

– подрезной (рис. 2, з) – для подрезания уступов под прямым и острым углом к основному направлению обтачивания;

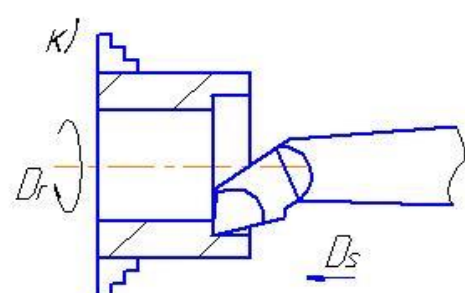
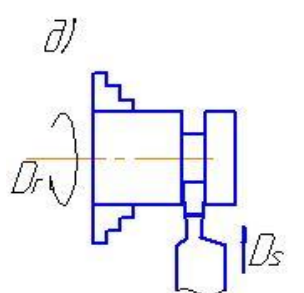
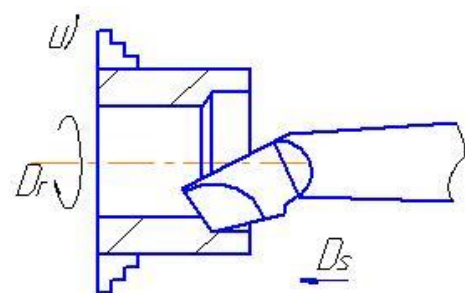
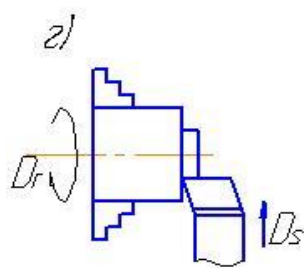
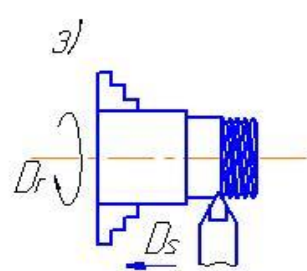
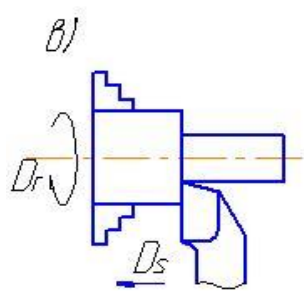
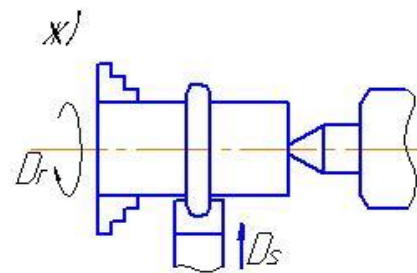
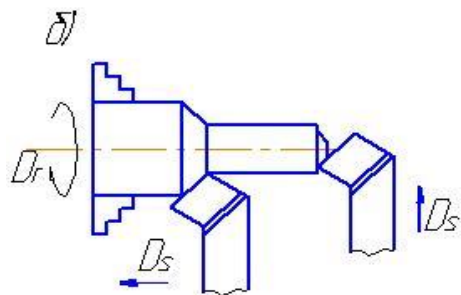
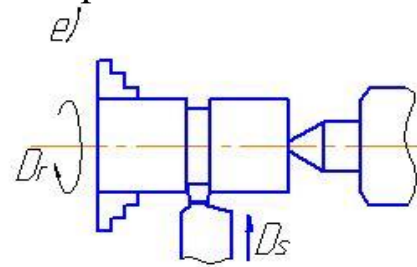
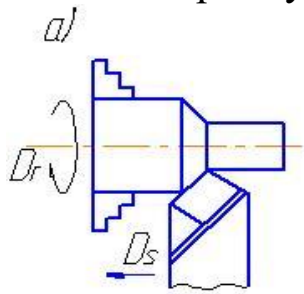


Рис. 2. Классификация токарных резцов (по назначению)

- отрезной (рис. 2, *д*) – для отрезки материала под прямым углом к оси вращения и для прорезания узких канавок;
- канавочный (рис. 2, *е*) – для образования канавок на наружных и внутренних цилиндрических поверхностях;
- фасонный (рис. 2, *ж*) – для получения детали сложной формы;
- резьбовой (рис. 2, *з*) – для нарезания резьбы;
- расточной проходной (рис. 2, *и*) – для растачивания отверстий;
- расточной упорный (рис. 2, *к*) – для растачивания отверстий.

- По направлению движения подачи:

- правые (рис. 3, *а*) (резец, у которого при наложении на него сверху ладони правой руки так, чтобы пальцы были направлены к его вершине, главная режущая кромка будет находиться под большим пальцем. На токарных станках эти резцы работают при подаче справа налево, то есть к передней бабке станка);
- левые (рис. 3, *б*) (резец, у которого при наложении на него левой руки указанным выше способом, главная режущая кромка окажется под большим пальцем).

- По материалу режущей части:

- инструментальная сталь;
- твердый сплав;
- минералокерамика;
- сверхтвердые материалы (СТМ);
- алмазы.

- По конструкции головки (режущей части):

- цельные (рис. 4, *а*);
- сборные (сварные (рис. 4, *б*), с напаянным режущим элементом (рис. 4, *в*), с механическим закреплением режущего элемента (рис. 4, *г*).

- По форме головки (режущей части):

- прямые (рис. 5, а) – резцы, у которых «ось» головки резца является продолжением или параллельна «оси» державки;
- отогнутые (рис. 5, б) – резцы, у которых «ось» головки резца наклонена вправо или влево от «оси» державки;
- изогнутые (рис. 5, в) – резцы, у которых «ось» державки изогнута;
- оттянутые (рис. 5, г) – резцы, у которых головка уже державки.

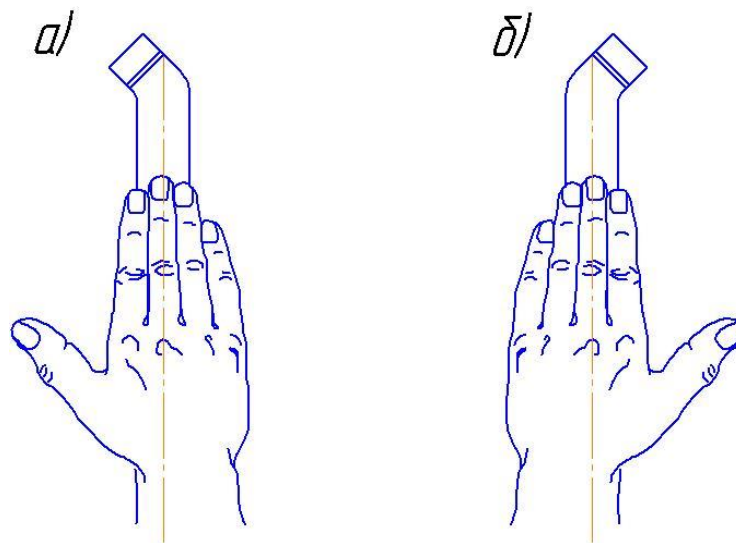


Рис. 3. Классификация токарных резцов  
(по направлению подачи)

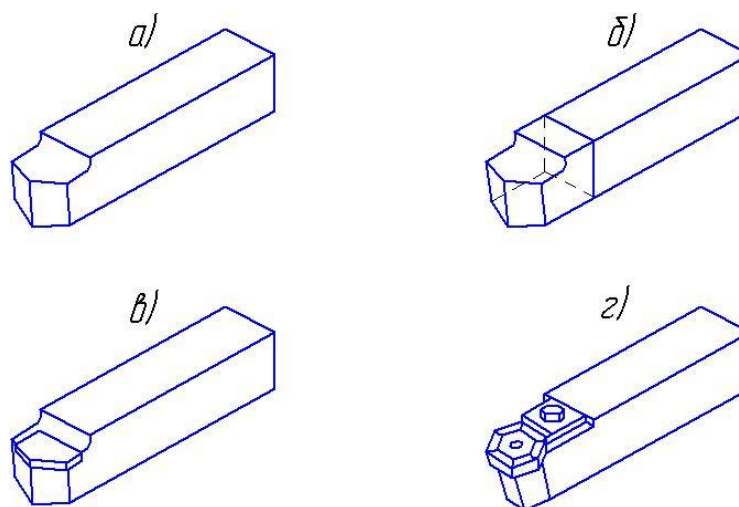


Рис. 4. Классификация токарных резцов



(по конструкции головки (режущей части))

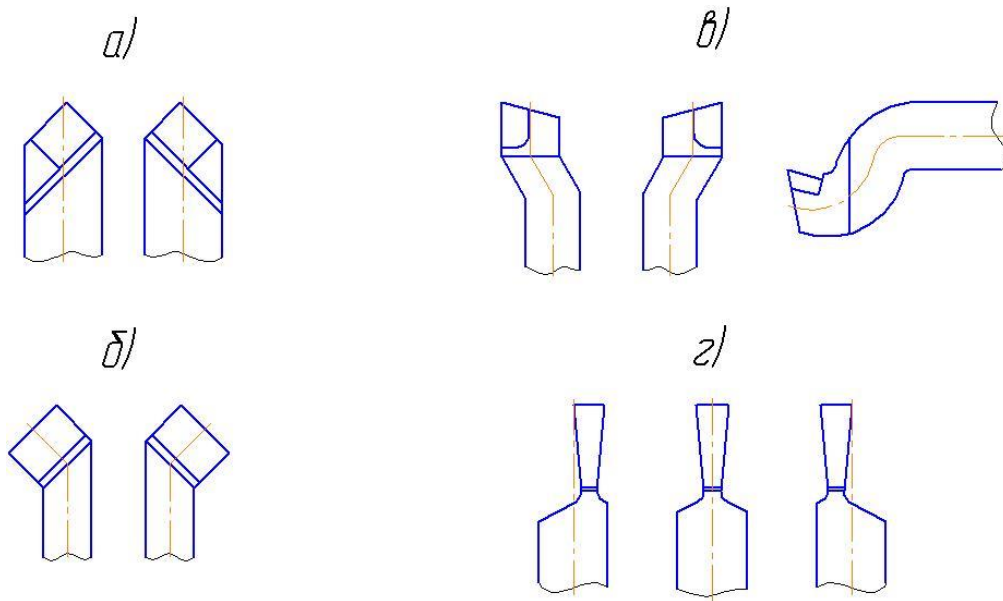


Рис. 5. Классификация токарных резцов  
(по форме головки (режущей части))

- по сечению державки:
  - прямоугольные;
  - квадратные;
  - круглые.

## 2.2. Конструкция токарного резца

Резец состоит из державки (рис. 6), которая служит для установки резца на станке, и режущей части (головки).

Режущая часть состоит из следующих конструктивных элементов:

- *передняя поверхность (ПП)* – поверхность, по которой сходит стружка;
- *главная задняя поверхность (ГЗП)* – поверхность, обращенная к поверхности резания;
- *вспомогательная задняя поверхность (ВЗП)* – поверхность, обращенная к обработанной поверхности заготовки;

- *главная режущая кромка (ГРК)* – образованная пересечением передней и главной задней поверхностями;
- *вспомогательная режущая кромка (ВРК)* – образованная пересечением передней и вспомогательной задней поверхностями;
- *вершина (В)* – образованная пересечением главной и вспомогательной режущими кромками.

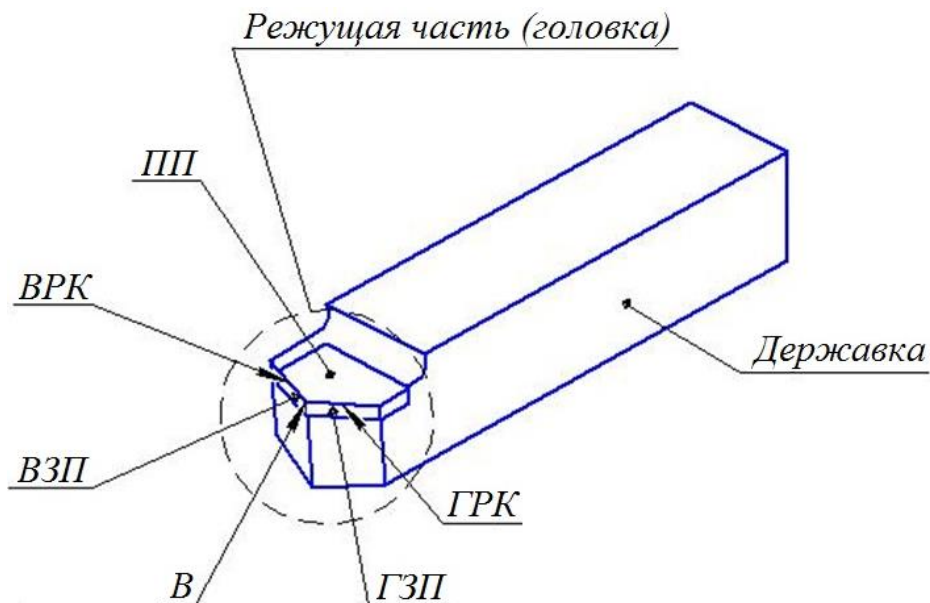


Рис. 6. Конструкция токарного резца

### 2.3. Геометрические параметры режущей части резца

Для получения и контроля геометрических параметров резцов, а также исследования процесса резания используются три прямоугольных системы координат:

- инструментальная;
- статическая;
- кинематическая.

*Инструментальная система координат* имеет начало в вершине лезвия и ориентирована относительно геометрических элементов режущего инструмента, принятых за базу.

*Статическая система координат* – это система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного

движения резания (т. е. движением подачи в данном случае пренебрегают).

*Кинематическая система координат* – имеет начало в рассматриваемой точке режущей кромки и ориентированная относительно направления скорости результирующего движения.

Каждая система координат задается при помощи координатной плоскости, называемой основной.

*Основная плоскость (ОП)* – плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подач. У токарных резцов за основную плоскость принимают плоскость, проходящую через основание резца.

Помимо *основной плоскости (ОП)* существует еще ряд координатных плоскостей, которые позволяют однозначно определять геометрические параметры инструмента в соответствующей системе координат в рассматриваемой точке режущей кромки. Среди них наиболее часто используются *плоскость резания (ПР)*, *главная секущая плоскость (ГСП)* и *вспомогательная секущая плоскость (ВСП)*.

*Плоскость резания (ПР)* – проходит через главную режущую кромку резца, касательно к поверхности резания заготовки (рис. 7).

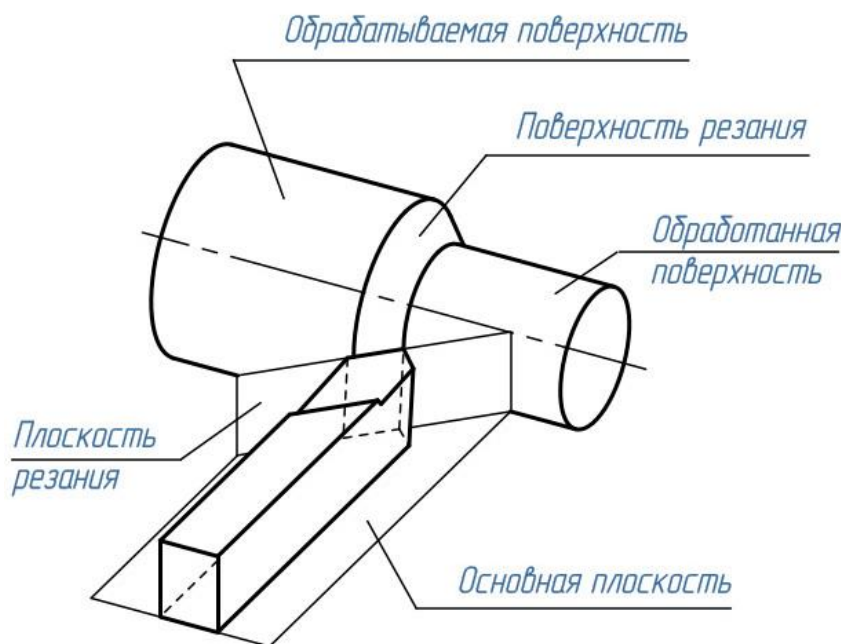


Рис. 7. Поверхности заготовки

*Главная секущая плоскость (ГСП)* – плоскость, перпендикулярная к проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

*Вспомогательная секущая плоскость (ВСП)* – плоскость, перпендикулярная к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Для того чтобы различать координатные плоскости, полученные в разных системах координат, к ним после буквенного обозначения добавляются индексы:

«и» – инструментальная система координат;

«с» – статическая система координат;

«к» – кинематическая система координат.

У резца различают главные и вспомогательные углы. Главные углы измеряют в *главной секущей плоскости*  $N - N$  (рис. 8).

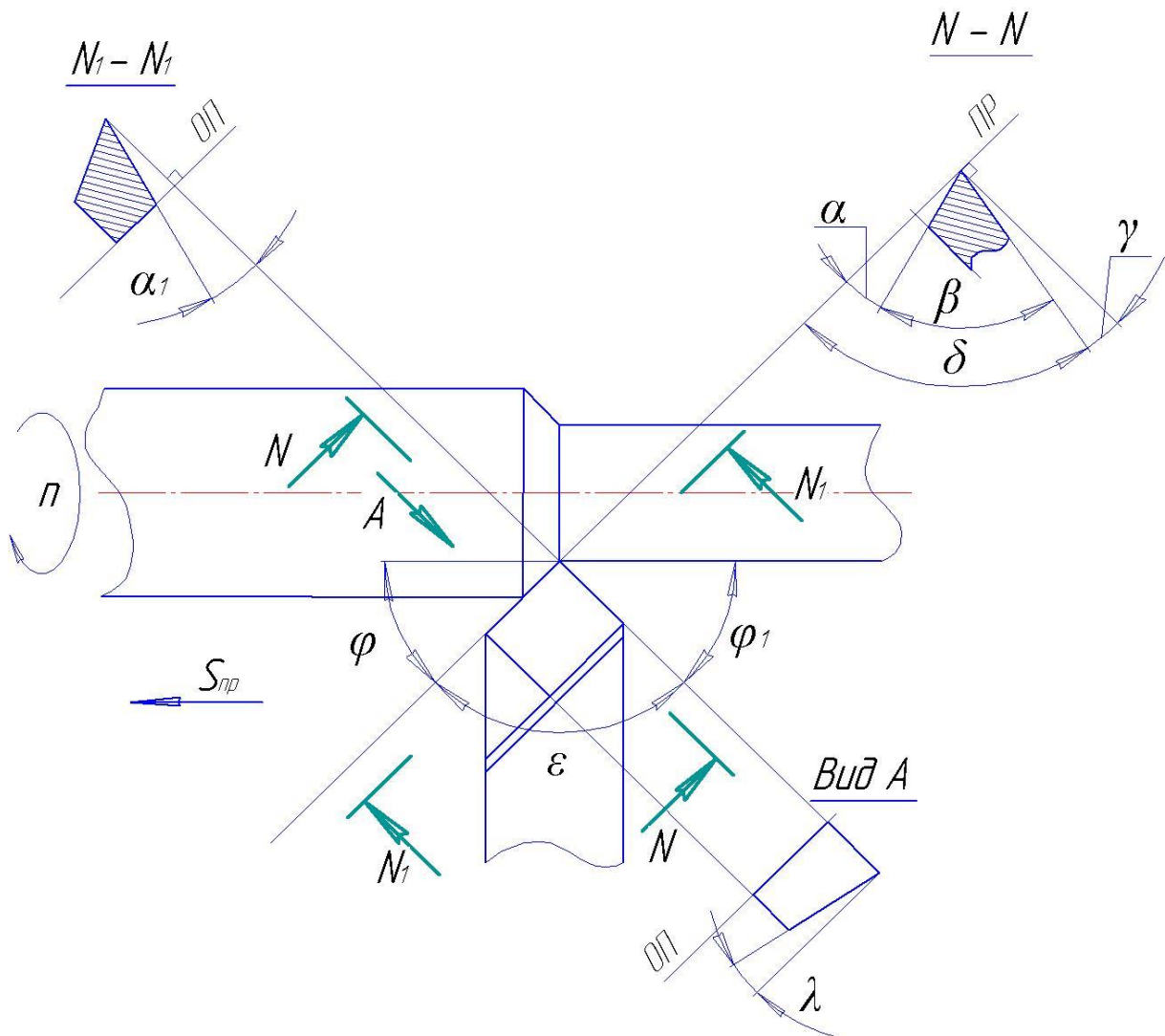


Рис. 8. Углы резца и секущие плоскости

*Главный задний угол ( $\alpha$ )* – это угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания.

Главный задний угол служит для уменьшения трения между задней поверхностью резца и поверхностью резания. Однако при значительном увеличении заднего угла снижается прочность резца. Для обработки вязких материалов и снятия тонких стружек применяют резцы с большими углами  $\alpha$ . При резании твердых и хрупких материалов выбирают меньшие углы. Обычно задний угол резцов лежит в пределах от  $6^\circ$  до  $12^\circ$ .

*Передний угол ( $\gamma$ )* – угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания.

Различают положительный передний угол (передняя поверхность направлена вниз от плоскости, перпендикулярной к

плоскости резания); угол, равный нулю (передняя поверхность перпендикулярна к плоскости резания), и отрицательный передний угол (передняя поверхность направлена вверх от плоскости, перпендикулярной к плоскости резания). С увеличением переднего угла облегчается врезание резца в металл, уменьшается деформация срезаемого слоя (стружки), облегчается сход стружки, уменьшаются силы резания и расход энергии. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к уменьшению прочности режущего клина. Поэтому при использовании хрупких инструментальных материалов (твердые сплавы, минералокерамика, алмазы и др.) для повышения прочности и стойкости инструмента следует применять отрицательные и нулевые передние углы, а при работе более прочным инструментом из быстрорежущих сталей используются положительные передние углы (от  $10^\circ$  до  $30^\circ$ ).

*Угол заострения* ( $\beta$ ) – это угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Уменьшение угла  $\beta$  приводит к ослаблению режущего клина и снижению его прочности, а также к ухудшению отвода тепла от режущей кромки резца.

*Угол резания* ( $\delta$ ) – угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Как видно из рис. 8, между четырьмя главными углами существуют следующие зависимости:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (1)$$

$$\delta = \alpha + \beta \quad (2)$$

Существенное влияние на процесс резания оказывает и *вспомогательный задний угол* ( $\alpha_1$ ), измеряемый во вспомогательной секущей плоскости  $N_1 - N_1$  (см. рис. 8) и представляющий собой угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости. Угол  $\alpha_1$  служит для уменьшения трения вспомогательной задней

поверхности резца об обработанную поверхность заготовки. Обычно  $\alpha_1 = \alpha$ .

Кроме рассмотренных углов резец имеет углы в плане  $\varphi$  и  $\varphi_1$ , угол при вершине  $\varepsilon$ , а также угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$ . Углы в плане и угол  $\varepsilon$  измеряют в основной плоскости.

*Главный угол в плане ( $\varphi$ )* – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

С уменьшением угла  $\varphi$  увеличивается длина активной части режущей кромки, что улучшает теплоотвод и уменьшает износ инструмента. Однако при слишком малом значении угла  $\varphi$  резко возрастает отжим резца от заготовки и возникают вибрации, ухудшающие качество обработанной поверхности и увеличивающие износ резца. Поэтому в зависимости от вида обработки, типа резца и жесткости технологической системы угол  $\varphi$  обычно выбирают в пределах от  $30^\circ$  до  $90^\circ$ .

*Вспомогательный угол в плане ( $\varphi_1$ )* – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и обратным направлением подачи.

Угол  $\varphi_1$  служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности об обработанную поверхность заготовки. Для проходных резцов, обрабатывающих жесткие заготовки, угол  $\varphi_1$  лежит в пределах от  $5^\circ$  до  $10^\circ$ ; при обработке нежестких заготовок  $\varphi_1$  от  $30^\circ$  до  $45^\circ$ .

*Угол при вершине ( $\varepsilon$ )* – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Рассмотренные углы связаны между собой зависимостью:

$$\varepsilon + \varphi + \varphi_1 = 180^\circ \quad (3)$$

*Угол наклона главной режущей кромки ( $\lambda$ )* – угол, заключенный между главной режущей кромкой резца и плоскостью, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости.

Этот угол измеряется в плоскости резания и считается положительным, когда вершина резца является наинизшей точкой режущей кромки; отрицательным, когда вершина резца

является наивысшей точкой режущей кромки, или равным нулю – при главной режущей кромке, параллельной основной плоскости. Угол  $\lambda$  служит для отвода стружки в направлении к обработанной ( $+\lambda$ ) или необработанной ( $-\lambda$ ) поверхностям. Положительный угол  $\lambda$ , кроме того, упрочняет вершину инструмента. Поэтому при черновой обработке, при прерывистом резании, а также при обработке закаленных материалов необходимо угол  $\lambda$  задавать положительным (от  $15^\circ$  до  $20^\circ$ ), а при чистовой обработке для предотвращения царапания стружкой обработанной поверхности рекомендуются резцы с отрицательными значениями этого угла.

## **2.4. Изменение геометрических параметров токарного резца (геометрия в кинематике)**

Геометрические параметры режущей части резца проставляют на рабочем чертеже. При этом предполагается, что:

- вершина резца установлена на высоте оси вращения заготовки;
- геометрическая ось резца строго перпендикулярна оси вращения заготовки;
- вектор скорости движения подачи ( $v_s$ ) направлен вдоль оси вращения заготовки, т. е. перпендикулярно геометрической оси резца.

Углы, указанные на чертеже, сохраняют свои истинные значения только в том случае, если пространственное положение резца при эксплуатации соответствует указанным выше условиям их изображения на чертеже (рис. 9, а, рис. 10, а). Любые отклонения от этих условий, происходящие случайно или преднамеренно, приводят к изменению значений одного или нескольких углов (рис. 9, б, в; рис. 10, б, в). По влиянию на ход процесса резания изменение углов равнозначно замене резца исходной конструкции другим резцом, имеющим иную форму и геометрические параметры режущей части.



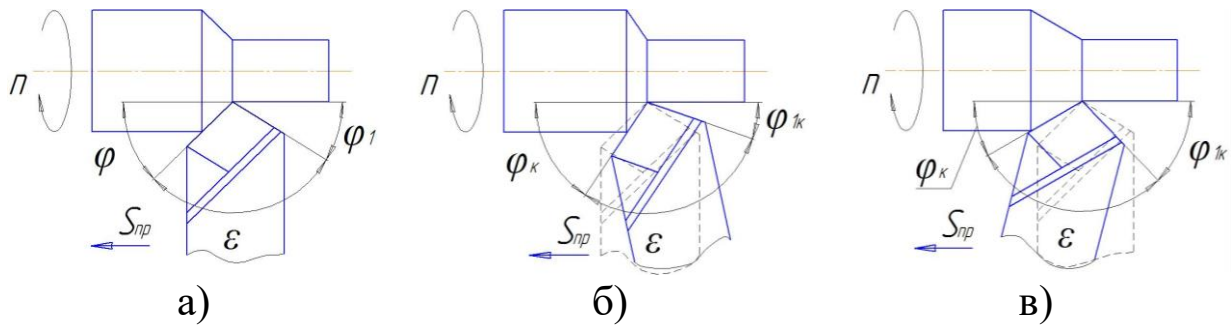


Рис. 9. Изменение углов в плане токарного резца

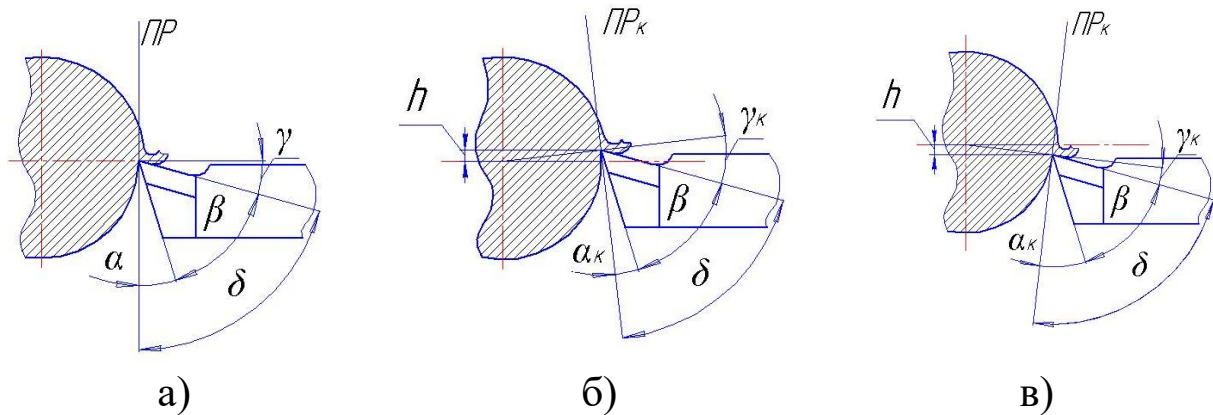


Рис. 10. Изменение углов токарного резца  
в главной секущей плоскости

Изменение геометрии резца при заточке, может происходить по следующим причинам:

- в результате погрешностей установки и закрепления инструмента на станке относительно положения, предусмотренного рабочим чертежом инструмента: при этом размеры углов, как проставляемые на чертеже, так и получаемые при установке с погрешностью, рассматриваются в статике и являются статическими угловыми параметрами;
- в результате особенностей относительных движений инструмента и обрабатываемой заготовки непосредственно в процессе резания образуются несколько иные углы, которые называются геометрией в кинематике;
- в результате износа контактных поверхностей главного режущего лезвия: при этом вызванные износом изменения имеют возрастающий и необратимый характер и могут быть устранены только при переточке режущей части.

## 2.5. Измерение углов токарного резца

На рис. 11 показан настольный угломер, предназначенный для измерения переднего угла, задних углов и угла наклона режущей кромки.

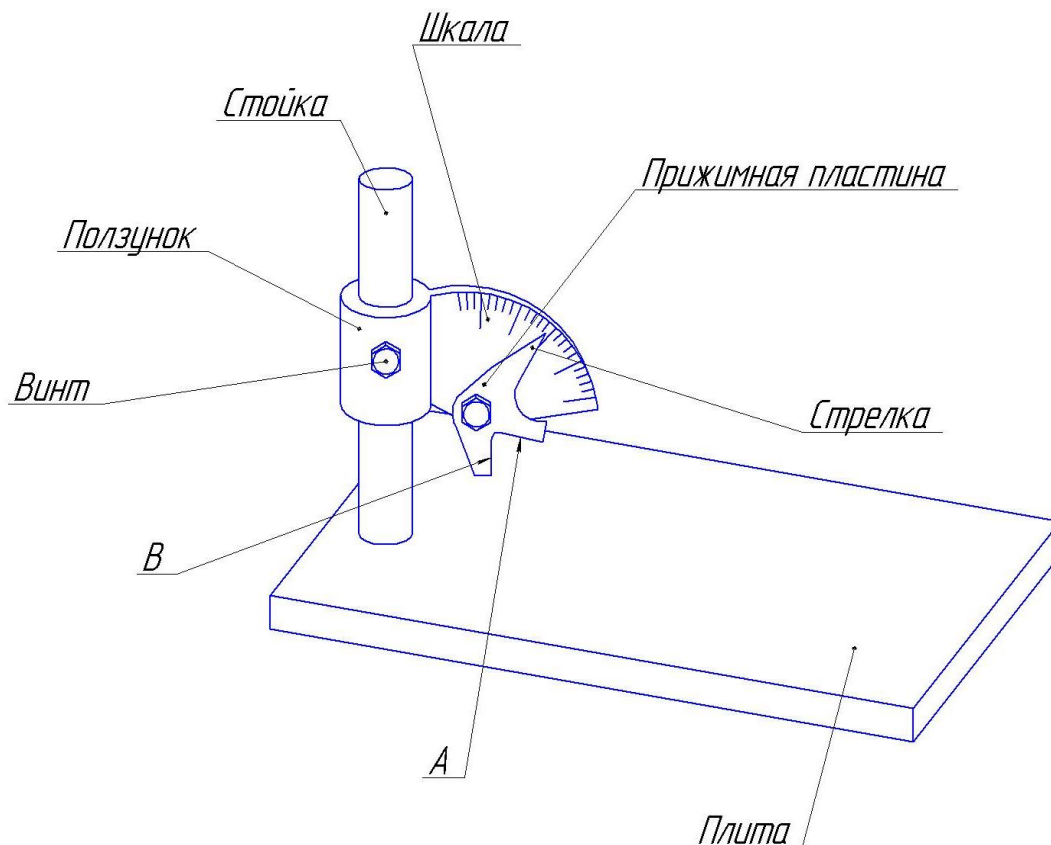


Рис. 11. Настольный угломер

По вертикальной стойке, закрепленной в плите, передвигается ползунок, зажимаемый винтом.

Скругленная пластина, врезанная в ползунок, имеет шкалу, по которой может двигаться прижимная пластина, вращаясь вокруг оси. Прижимная пластина имеет стрелку и два ребра *А* и *В*. Стрелка совпадает с нулевым делением шкалы, когда ребро *А* горизонтально. Угол между ребрами *А* и *В* равен  $90^\circ$ , поэтому при горизонтальном положении ребра *А* ребро *В* будет расположено вертикально. Для измерения переднего угла ( $\gamma$ ) ребро *А* поворачивают до соприкосновения с передней

поверхностью резца, установленного на плиту угломера (рис. 12, а). Для измерения задних углов ( $\alpha$ ) и ( $\alpha_1$ ) ребро  $B$  поворачивают до соприкосновения с соответствующей задней поверхностью резца (рис. 12, б). При выполнении измерений плоскость качания прижимной пластины устанавливают перпендикулярно проекции режущей кромки на плоскость опорной плиты, т. е. на основную плоскость, в которой задаются углы заточки резца. Для измерения угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda$ ) ребро  $A$  направляют вдоль режущей кромки (рис. 12, в).

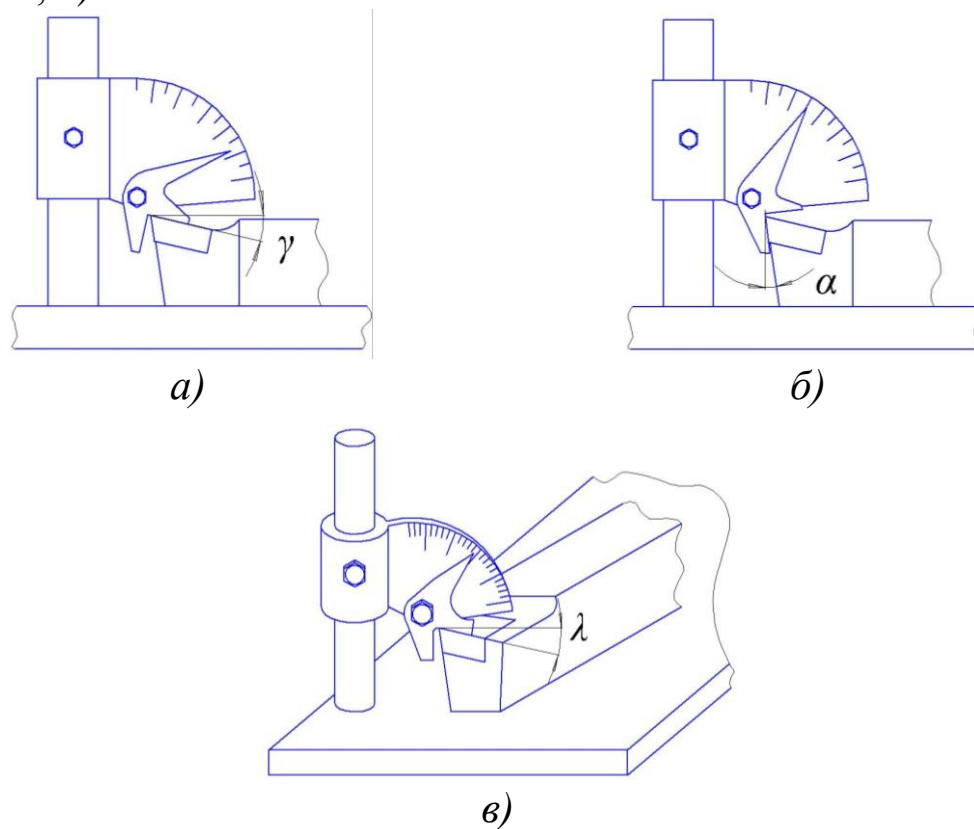


Рис. 12. Настройка настольного угломера

Измерение углов в плане и угла при вершине используется угломер 4УМ (рис. 13).

Угломер состоит из основания, которое представляет собой полудиск со шкалой углов. На оси основания установлена линейка с нониусом, которая закрепляется в требуемом положении стопорной гайкой.

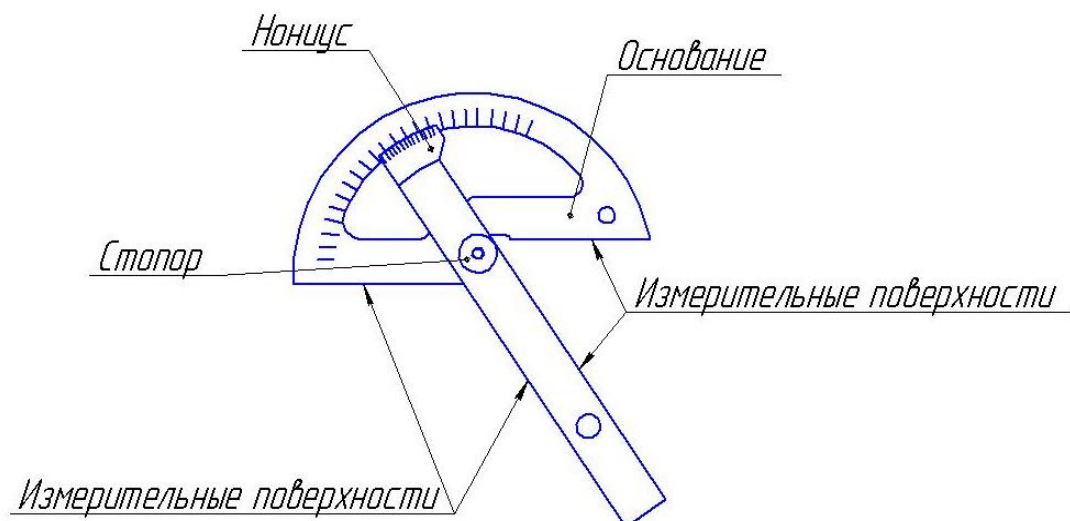


Рис. 13. Угломер 4УМ

Принцип работы угломера 4УМ показан на рис. 14.

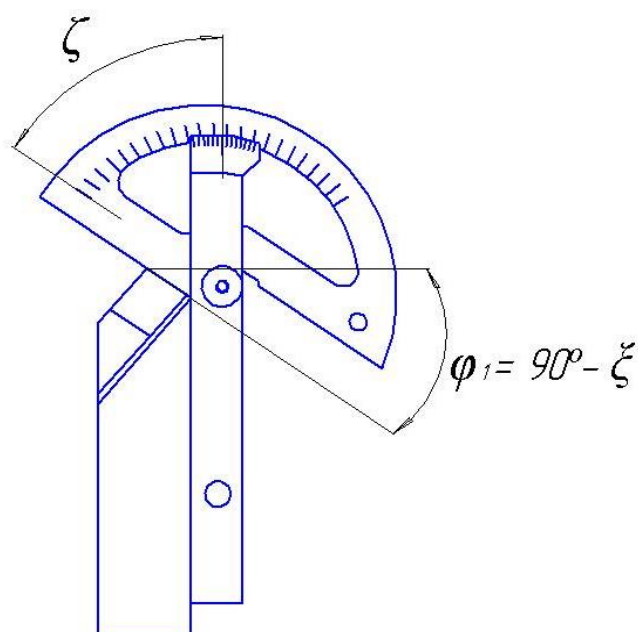


Рис. 14. Принцип измерения угломером 4УМ

Измерение углов может быть выполнено с помощью маятникового угломера. В основу конструкции прибора положен принцип отвеса. Стрелка угломера (рис. 15, а) связана с грузом, поэтому всегда устанавливается вертикально. При горизонтальном и вертикальном расположении лекальной линейки, жестко закрепленной на корпусе прибора, стрелка угломера совпадает с нулевым делением шкалы. При наклонном

положении проверяемой поверхности наложение на нее лекальной линейки вызовет поворот шкалы, а расположенная вертикально стрелка укажет на отклонение проверяемой поверхности от вертикали или горизонтали. Для закрепления стрелки по отношению к шкале прибор оснащен тормозным устройством. Маятниковым угломером можно пользоваться непосредственно на рабочем месте. При горизонтальном расположении опорной поверхности резца могут быть проверены углы заточки. В настроенном положении для заточки резца проверяют правильность установки базовых поверхностей приспособления. Для измерения углов заточки резец следует положить опорной или боковой поверхностью на горизонтальную поверхность контрольной плиты, точно установленной по уровню. Лекальную линейку прикладывают к измеряемой поверхности и, нажимая на кнопку, отпускают тормоз. Установленная вертикально стрелка укажет на циферблате величину угла. Настройка маятникового угломера для измерения углов резца показана на рис. 15, б.

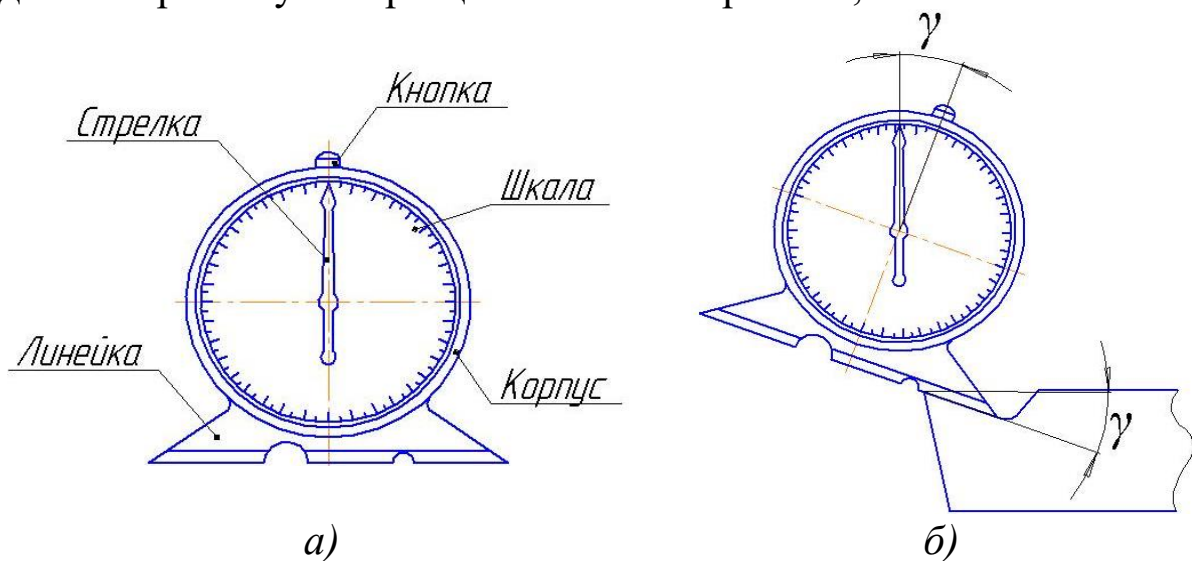


Рис. 15. Маятниковый угломер

### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Получить у преподавателя три токарных резца различного типа. Дать классификацию каждому из них, нарисовать эскизы, на которых указать элементы режущей части.

3.1.1. Классификацию резцов производить в такой последовательности:

- по типу;
- по форме головки;
- по направлению подачи;
- по конструкции;
- по форме передней поверхности;
- по форме державки.

3.1.2. На эскизе режущей части указать:

- *переднюю поверхность (ПП);*
- *главную заднюю поверхность (ГЗП);*
- *вспомогательную заднюю поверхность (ВЗП);*
- *главную режущую кромку (ГРК);*
- *вспомогательную режущую кромку (ВРК);*
- *вершину резца (В).*

3.2. Начертить схему обработки деталей резцами, указать на чертеже основные геометрические параметры режущей части резцов.

3.2.1. Указать на чертеже заготовки:

- *обработанную поверхность;*
- *обрабатываемую поверхность;*
- *поверхность резания;*
- *глубину резания ( $t$ );*
- *направление вектора подачи ( $S$ );*
- *направление вращения заготовки ( $n$ ).*

3.2.2. Построить на чертеже основные сечения режущей части, в которых производится измерение основных геометрических параметров. Для этого следует указать следующие координатные плоскости:

- *плоскость резания (ПР);*
- *основную плоскость (ОП);*
- *главную секущую плоскость (ГСП);*
- *вспомогательную секущую плоскость (ВСП).*

3.2.3. Указать на чертеже основные геометрические параметры режущей части резцов:

- *Главный задний угол ( $\alpha$ );*
- *Передний угол ( $\gamma$ );*
- *Угол заострения ( $\beta$ );*
- *Угол резания ( $\delta$ );*
- *Вспомогательный задний угол ( $\alpha_1$ );*
- *Главный угол в плане ( $\varphi$ );*
- *Вспомогательный угол в плане ( $\varphi_1$ );*
- *Угол при вершине ( $\epsilon$ );*
- *Угол наклона главной режущей кромки ( $\lambda$ ).*

3.3. Определить измерениями и расчетами значения геометрических параметров углов.

3.4. По заданному преподавателем варианту из таблицы приложения для одного из резцов рассчитать или определить построением изменение углов в процессе резания для следующих случаев:

3.4.1. Вершина резца располагается ниже ( $h < 0$ ) или выше ( $h > 0$ ) уровня центра заготовки, что приводит к изменению величин углов  $\gamma_k$  и  $\alpha_k$  в кинематике по сравнению с измеренными в статике значениями  $\gamma$  и  $\alpha$ :

$$\gamma_k = \gamma \pm \Delta\gamma_k; \quad (4)$$

$$\alpha_k = \alpha \pm \Delta\alpha_k; \quad (5)$$

где  $\Delta\gamma_k = \Delta\alpha_k$  приблизительно можно определить из соотношения:

$$\Delta\alpha_k = \arcsin\left(\frac{2 \cdot |h|}{D}\right). \quad (6)$$

По результатам определения  $\gamma_k$  и  $\alpha_k$  сделать вывод о возможности обработки при заданной погрешности установки.

3.4.2. Ось державки резца расположена относительно оси детали с угловым отклонением от перпендикулярности  $\varphi_y$ , что изменяет величины углов в плане:

$$\varphi_k = \varphi \pm \varphi_y; \quad (7)$$

$$\varphi_{1k} = \varphi_1 \pm \varphi_y. \quad (8)$$

Рассчитать изменение толщины ( $a_k$ ) и ширины ( $b_k$ ) снимаемого слоя металла для заданных значений подачи ( $S$ ) и глубины резания ( $t$ ) в соответствии с формулами:

$$a_k = S \cdot \sin \varphi_k; \quad (9)$$

$$b_k = \frac{t}{\sin \varphi_k}; \quad (10)$$

$$a = S \cdot \sin \varphi; \quad (11)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}. \quad (12)$$

Сделать вывод о возможности обработки резцом при заданной погрешности установки.

## 4. ОБОРУДОВАНИЕ

- 4.1. Набор резцов различной конструкции – 36 шт.
- 4.2. Настольный угломер – 6 шт.
- 4.3. Угломер 4УМ – 6 шт.



## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 5.1. Дать классификацию резцов предложенных преподавателем.
- 5.2. Дать определение всех элементов режущей части резца.
- 5.3. Какие координатные плоскости используются для определения геометрии резца?
- 5.4. Дать определения всех углов резца и ее объяснить их влияние на процесс резания.
- 5.5. Причины изменения геометрии резца при заточке.
- 5.6. Объяснить принцип измерения углов резца.
- 5.7. Изобразить схему резания одним из предложенных преподавателем резцов.

## **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Используя список литературы выполнить следующее:

1. Изучить конструктивные особенности существующих разновидностей резцов.
2. Выучить определения углов и получить четкое представление об их расположении по главной и вспомогательной секущим плоскостям и на виде в плане.
3. Подготовиться к защите практической работы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

## Варианты заданий

№	$D$ [мм]	$S$ [мм/об]	$t$ [мм]	$h$ [мм]	$\varphi_y$ [град]
1	40	0,21	1	1	1
2	45	0,61	1,2	-2	2
3	50	0,78	1,5	1,5	3
4	55	0,95	1,4	-1,1	-1
5	60	1,21	2,2	1,2	-2
6	65	1,74	2,4	-1,3	-3
7	42	2,08	1,8	1,8	1
8	47	3,12	1,1	-1,7	2
9	52	0,12	0,8	1,6	3
10	57	0,17	2,5	-2,1	-1
11	62	0,23	1	-1	-2
12	67	0,39	1,2	2	-3
13	30	0,57	1,5	-1,5	1
14	32	0,47	1,4	1,1	2
15	38	2,8	2,2	-1,2	3
16	70	3,8	2,4	1,3	-1
17	72	0,43	1,8	-1,8	-2
18	78	0,195	1,1	1,7	-3
19	75	0,23	0,8	-1,6	1
20	80	0,3	2,5	2,1	2

*Примечания:*

1.  $H < 0$  – вершина резца ниже оси вращения заготовки;
2.  $H > 0$  – вершина резца выше оси вращения заготовки;
3.  $\varphi_y < 0$  – резца повернут против часовой стрелки;
4.  $\varphi_y > 0$  – резца повернут по часовой стрелке.

## **Лабораторная работа №2**

### **«Изучение конструкции и геометрии спиральных свёрл»**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить назначение и расположение основных конструктивных элементов и геометрических параметров спиральных сверл, особенности формообразования при сверлении, научиться измерять геометрические параметры спиральных сверл и пользоваться соответствующими средствами измерения.

#### **2. КРАТКИЕ ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Сверление – это операция по изготовлению сквозных и глухих отверстий в широком диапазоне размерных параметров (диаметров, длин) и назначений. Осуществляется операция сверления с помощью инструментов, которые в зависимости от конструктивных особенностей и назначения имеют следующие названия:

- сверла перовые (ружейные, пушечные) – для изготовления глубоких отверстий;
- сверла кольцевые – для изготовления отверстий больших диаметров;
- сверла центровочные – для изготовления в заготовках отверстий с целью их последующего крепления и обработки в центрах станков;
- сверла комбинированные – имеющие на теле одного инструмента два или более разных диаметра или инструментов с разным назначением (например, сверло-зенкер);
- сверла эжекторные – с внутренним подводом СОЖ для эффективного охлаждения зоны резания и вывода образующейся стружки;
- сверла цельные и сборные – режущая часть этих инструментов выполняется либо целиком из инструментального

материала или в виде режущих пластин, которые тем или иным способом крепятся на теле инструмента.

Наиболее распространенными среди перечисленных инструментов являются сверла спиральные, которые предназначены для изготовления отверстий средних диаметров и длин. Поэтому в данной работе рассматривается и изучается конструкция и геометрия именно этих инструментов.



Рис. 1. Конструкция спирального сверла

Спиральное сверло состоит из следующих частей и элементов:

- режущая часть – для обеспечения основного процесса резания;
- калибрующая часть – для калибрования отверстия, зачистки его поверхности и сбора стружки;
- рабочая часть – часть сверла, которая непосредственно участвует в работе (ее длина должна быть больше длины обрабатываемого отверстия);
- шейка – переходный элемент (место соединения) между рабочей частью сверла и хвостовиком (используется, как правило, для маркировки инструмента – здесь указываются диаметр сверла и марка инструментального материала);

- хвостовик – служит для крепления сверла в патроне станка (подразделяется на конический и цилиндрический разновидности);
- лапка – служит для вынимания инструмента из патрона станка и противодействует его проворачиванию в патроне;
- ПП – передняя поверхность (по которой сходит стружка);
- ГЗП – главная задняя поверхность (обращена к обрабатываемой поверхности детали);
- ВЗП – вспомогательная задняя поверхность (обращена к сформированному отверстию);
- ГРК – главная режущая кромка (совершает основной процесс резания);
- ВРК – вспомогательная режущая кромка (помогает совершать процесс резания); для сверла эта кромка имеет специальное название – ленточка; ленточка приподнята над основной частью ВЗП и выполнена в виде узкой отшлифованной (для уменьшения трения) полосы;
- перемычка – соединительная режущая кромка между двумя ГРК.

Конструктивно спиральное сверло изготовлено так, что имеет две ПП, ГЗП, ВЗП, ГРК и ВРК, а общее количество режущих кромок – 5 (две ГРК, две ленточки и перемычка). Геометрические параметры спирального сверла изображены на рис. 2.

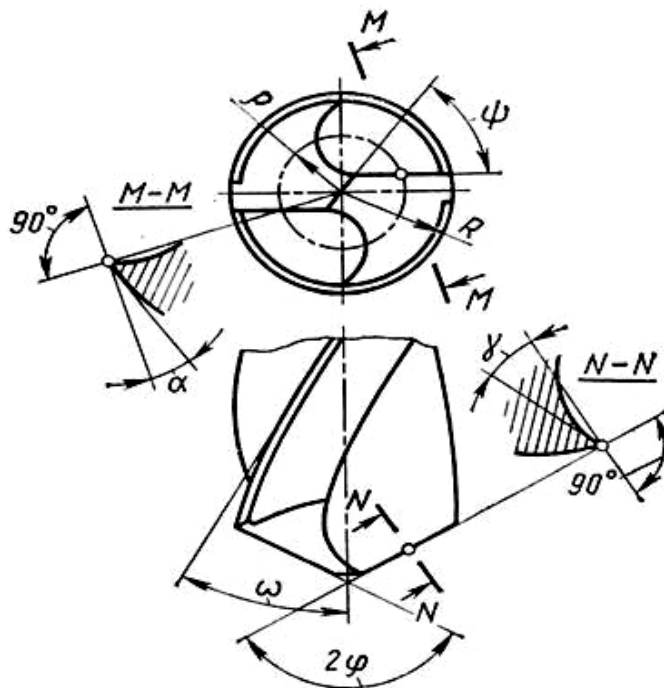


Рис. 2. Геометрические параметры спирального сверла  
Здесь:

- передний угол ( $\gamma$ ) – образуется между касательной к ПП в рассматриваемой точке и перпендикуляром к плоскости резания (имеет переменное значение в зависимости от рассматриваемой точки на ГРК);
- задний угол ( $\alpha$ ) – образуется между плоскостью резания и касательной к ВЗП в рассматриваемой точке ( $\alpha$  и  $\gamma$  изменяют свои значения по мере перемещения вдоль ГРК);
- угол заточки сверла ( $2\varphi$ ) – образуется между проекциями двух ГРК на плоскость (стандартное значение  $2\varphi = 118^\circ$ , но на практике этот угол могут перетачивать в сторону увеличения или уменьшения в зависимости от марки обрабатываемого материала);
- угол наклона винтовой канавки ( $\omega$ ) – образуется между осью сверла и касательной к винтовой канавке (влияет на густоту «завивки» сверла и эффективность отвода стружки из зоны резания);
- угол наклона ГРК ( $\psi$ ) – образуется между ГРК и перемычкой;
- угол утонения сверла или угол обратного конуса ( $\varphi_1$ ) – образуется между осью сверла и проекцией касательной к ВЗП на плоскость (предназначен для уменьшения трения сверла о стенки отверстия при работе).

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для спирального сверла, выданного преподавателем, выполнить следующие измерения конструктивных и геометрических параметров.

#### 3.1. Измерить следующие конструктивные элементы:

- $D_0$  – диаметр сверла в начале режущей части;

- $D_1$  – диаметр сверла у хвостовика (разница диаметров  $D_0 - D_1$  демонстрирует наличие обратной конусности сверла с целью уменьшения трения об обрабатываемое отверстие);

- $L_p$  – длину режущей части;
- $L_k$  – длину калибрующей части;
- $L$  – длину рабочей части;
- $L_{ш}$  – длину шейки;
- $L_x$  – длину хвостовика;
- $L_{рк}$  – длину ГРК;
- $a$  – ширину ленточки.

Для выполнения измерений использовать штангенциркуль, а полученные данные занести в табл. 1

Таблица 1

Результаты измерений конструктивных элементов  
спирального сверла, мм

$D_0$	$D_1$	$L_p$	$L_k$	$L$	$L_{ш}$	$L_x$	$L_{рк}$	$a$

3.2. Измерить следующие геометрические параметры:

- $2\varphi$  – угол заточки сверла (измерять универсальным угломером);
- $\omega$  – угол наклона винтовой канавки (измерять с помощью копировальной бумаги и транспортира);
- $\psi$  – угол наклона ГРК (измерять угломером или транспортиром);
- $\varphi_1$  – угол утонения сверла:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{(D_0 - D_1)}{L_k}; \quad (1)$$

- $\gamma$  – передний угол:

$$\gamma = \arctg \frac{d \cdot \operatorname{tg} \omega}{D_0 \cdot \sin \varphi}, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр точки на ГРК, в которой вычисляется величина угла  $\gamma$ ; угол  $\gamma$  следует определять в четырех разных точках ГРК и на основе полученных значений построить график изменения этого угла в зависимости от диаметра точки на ГРК.

Измеренные и вычисленные значения углов записать в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений и вычислений углов  
спирального сверла, град

$2\varphi$	$\omega$	$\psi$	$\varphi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$

3.3. Построить график  $\gamma_i = f(D_i)$ .

3.4. Написать выводы.

## 4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Комплект спиральных сверл.
2. Набор измерительных инструментов и аксессуаров: штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер, масштабная линейка, транспортир, копировальная бумага.
3. Калькулятор с тригонометрическими функциями для вычисления значений углов по имеющимся исходным данным и соответствующим формулам.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими конструктивными элементами характеризуются спиральные сверла?
2. Что входит в понятие геометрия сверла?
3. Сколько режущих кромок имеет спиральное сверло и их роль в процессе резания?
4. Для какой цели сверло имеет обратную конусность (угол  $\varphi_1$ )?



5. Какие части ГРК у сверла работают более интенсивно?
6. С какой целью хвостовик сверла выполняется цилиндрическим или коническим?

## **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

1. Используя список рекомендуемой литературы ознакомиться с конструкцией, геометрией и назначением других разновидностей сверл.
2. Подготовить отчет по работе.
3. Подготовиться к защите практической работы.

## **Лабораторная работа №3** **«Изучение конструкции и геометрии зенкеров и развёрток»**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить назначение и расположение основных конструктивных элементов и геометрических параметров зенкеров и разверток.

Научиться измерять конструктивные и геометрические параметры зенкеров и разверток, пользуясь соответствующими средствами измерения.

### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Зенкерование — это операция по обработке готовых отверстий после сверления, литья, штамповки и других способов формообразования отверстия. 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);
- зенкеры для зачистки торцевых поверхностей.

Наиболее распространенными среди перечисленных инструментов являются зенкеры машинные, которые предназначены для обработки отверстий средних диаметров и длин. Поэтому в данной работе рассматривается и изучается конструкция и геометрия именно этих инструментов.

На рис. 1 представлен чертеж зенкера, на котором указаны все конструктивные элементы этого инструмента.

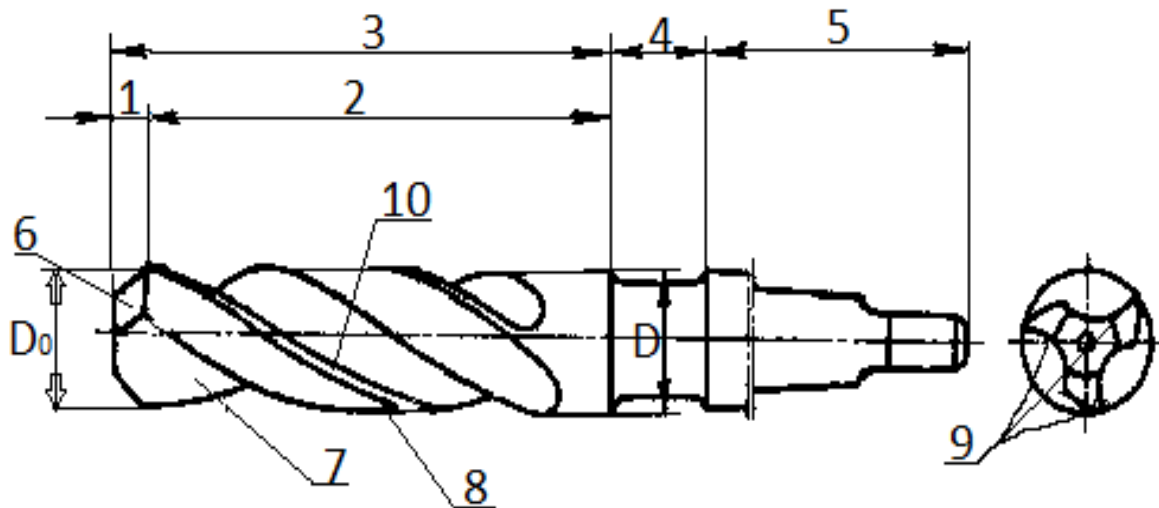


Рис. 1. Конструкция машинного зенкера

В их числе:

- 1 – режущая, или заборная часть ( $L_p$ );
- 2 – калибрующая часть ( $L_k$ );
- 3 – рабочая часть зенкера ( $L$ );
- 4 – шейка ( $L_{ш}$ ) – переходный элемент (место соединения) между рабочей частью зенкера и хвостовиком (используется, как правило, для маркировки инструмента – здесь указываются диаметр зенкера и марка инструментального материала);
- 5 – хвостовик, служит для закрепления зенкера в патроне станка ( $L_x$ );
- 6 – ГЗП – главная задняя поверхность (обращена к обрабатываемой поверхности отверстия);
- 7 – ПП – передняя поверхность (по которой сходит стружка);
- 8 – ВРК – вспомогательная режущая кромка (помогает совершать процесс резания); кромка имеет название – ленточка; она приподнята над основной частью ВЗП и выполнена в виде узкой отшлифованной полоски (для уменьшения трения);
- 9 – ГРК – главная режущая кромка (совершает основной процесс резания), количество этих кромок соответствует числу зубьев зенкера;
- 10 – ВЗП – вспомогательная задняя поверхность (обращена к обработанному отверстию).

Геометрические параметры зенкера изображены на рис. 2.

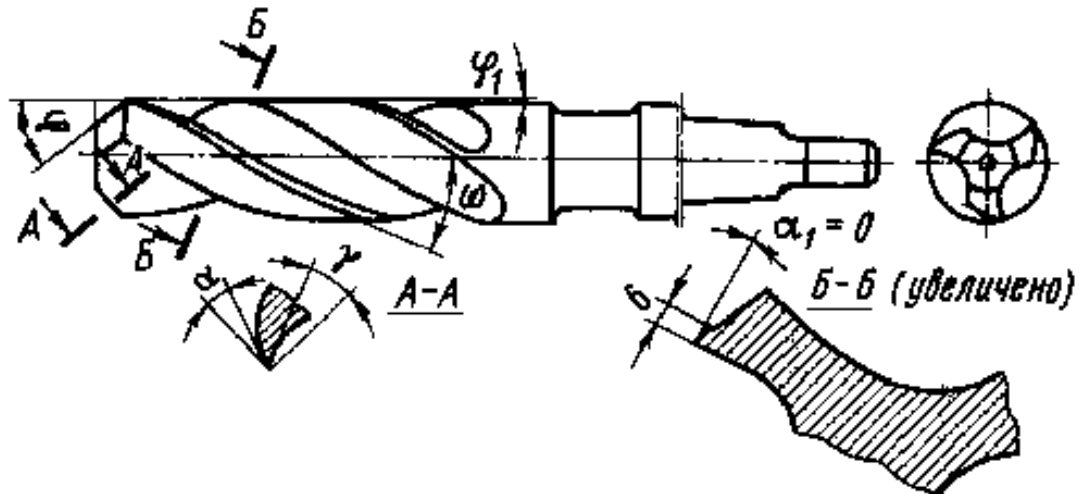


Рис. 2. Геометрические параметры зенкера

Здесь:

- угол в плане ( $\varphi$ ) – угол образованный между ГЗП и осью симметрии зерна;
- передний угол ( $\gamma$ ) – образуется между касательной к ПП в рассматриваемой точке и перпендикуляром к плоскости резания (имеет переменное значение в зависимости от рассматриваемой точки на ГРК);
- задний угол ( $\alpha$ ) – образуется между плоскостью резания и касательной к ВЗП в рассматриваемой точке ( $\alpha$  и  $\gamma$  изменяют свои значения по мере перемещения вдоль ГРК);
- угол наклона винтовой канавки ( $\omega$ ) – образуется между осью зенкера и касательной к винтовой канавке (влияет на интенсивность «завивки» зенкера и эффективность отвода стружки из зоны резания);
- угол утонения зенкера (угол обратной конусности) ( $\varphi_1$ ) – образуется между осью зенкера и проекцией касательной к ВЗП на плоскость (предназначен для уменьшения трения зенкера о стенки отверстия при работе).

Развертывание – это операция для окончательной обработки готовых отверстий после сверления, зенкерования или растачивания. После развертывания отверстия получают более точными и имеют меньшую шероховатость, чем при зенкеровании.

В зависимости от характера применения, формы обрабатываемого отверстия, способов закрепления, конструкции зубьев, регулирования на размер, вида режущего материала развёртки 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 рис. 3 представлен чертеж развёртки, на котором указаны все конструктивные элементы и геометрические параметры этого инструмента. Из чертежа видно, что развёртка имеет следующие части: направляющий конус, режущую и калибрующую часть, рабочую часть, шейку и хвостовик. Отличительной особенностью развёрток является большее число зубьев (6–12), чем у зенкера (3–5). В понятие геометрия развёртки входят следующие углы:

- $\gamma$  – передний угол, обычно принимается равным нулю, т. к. развёртка работает в зоне малых толщин срезаемого слоя;
- $\alpha$  – задний угол (у развёрток варьируется в пределах 4–8°);
- $\beta$  – угол при вершине зуба;

$\delta$  – угол резания;  
 $\omega$  – угол развала зубьев;  
 $2\varphi$  – угол режущей части.

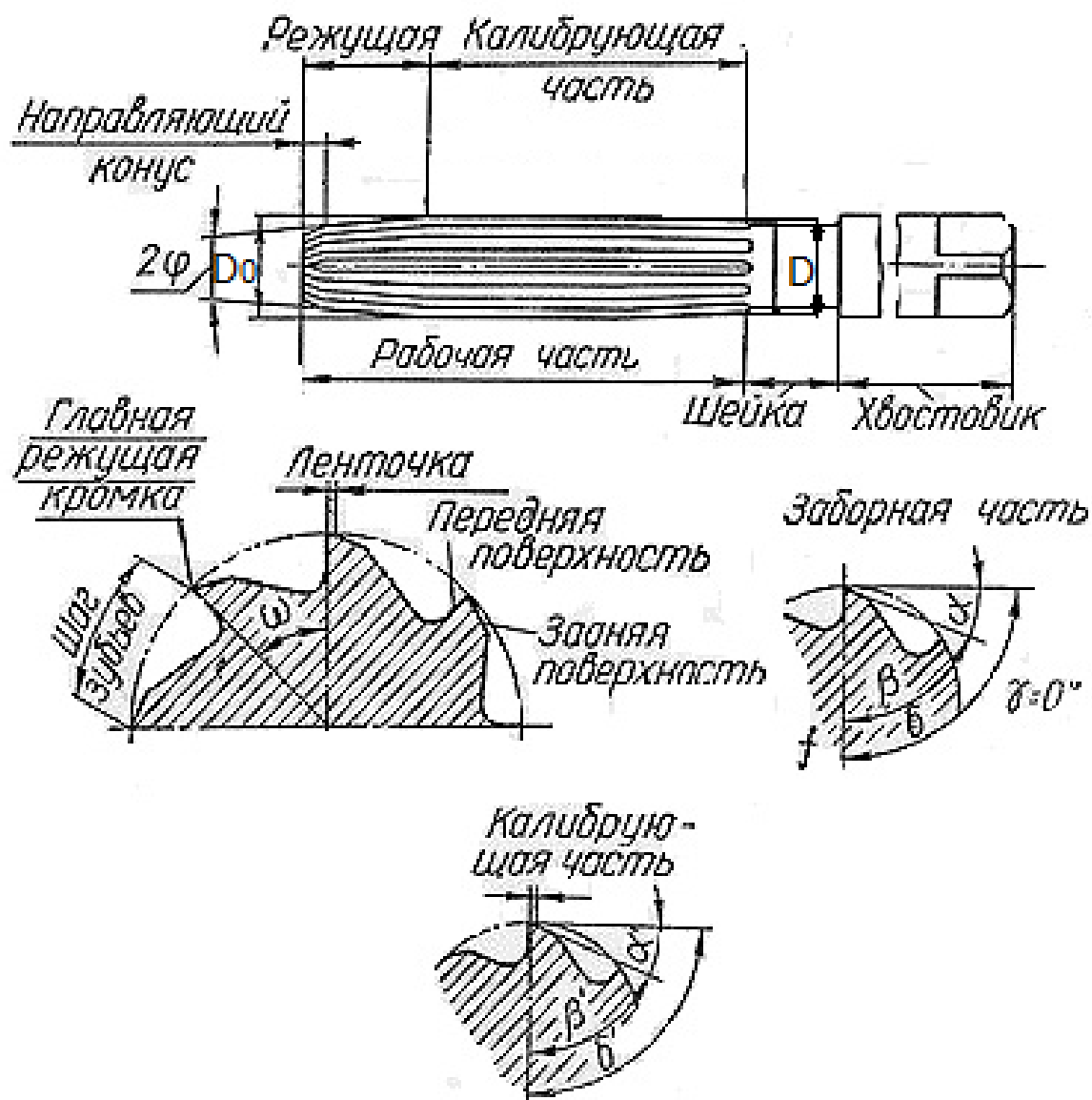


Рис. 3. Конструкция и геометрия развертки

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для зенкера и развертки, выданных преподавателем, выполнить следующие измерения конструктивных и геометрических параметров.

#### 3.1. Измерить конструктивные элементы:

- $D_0$  – диаметр зенкера (развертки) в начале режущей части;
- $D$  – диаметр у хвостовика (разница диаметров  $D_0 - D$  демонстрирует наличие обратной конусности зенкера (развертки) для уменьшения трения об обрабатываемое отверстие);
- $L_p$  – длину режущей части;
- $L_k$  – длину калибрующей части;
- $L$  – длину рабочей части;
- $L_{ш}$  – длину шейки;
- $L_x$  – длину хвостовика;
- $L_{рк}$  – длину ГРК;
- $a$  – ширину ленточки;

Для выполнения измерений использовать штангенциркуль, а полученные данные занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений конструктивных элементов  
зенкера и развертки, мм

Инструмент	$D_0$	$D$	$L_p$	$L_k$	$L$	$L_{ш}$	$L_x$	$L_{рк}$	$a$
Зенкер									
Развертка									

### 3.2. Измерить геометрические параметры:

- $\omega$  – измерять с помощью копировальной бумаги и транспортира (только для зенкера);
- $\varphi$  – измерить угломером (только для зенкера);
- $2\varphi$  – измерить угломером (только для развертки);
- $\varphi_1$  – определять по формуле (1), используя данные табл. 1:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{(D_0 - D)}{L_k}; \quad (1)$$

- $\gamma$  – вычислять по формуле (2) для зенкера и измерить угломером для развертки:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{d \cdot \operatorname{tg} \omega}{D_0 \cdot \sin \varphi}, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр точки на ГРК, в которой вычисляется угол  $\gamma$ .

Измеренные и вычисленные углы записать в табл. 2.



Таблица 2

Результаты измерений и вычислений углов, град

Инструмент	$\omega$	$\varphi_1$	$\gamma$	$\varphi$	$2\varphi$
Зенкер					x
Развертка	x			x	

#### 4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Набор зенкеров и разверток.
2. Комплект измерительных инструментов и аксессуаров: штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер, масштабная линейка, транспортир, копировальная бумага.
3. Калькулятор с тригонометрическими функциями для вычисления значений углов по имеющимся исходным данным и соответствующим формулам.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими конструктивными элементами характеризуются зенкер и развертка?
2. Что входит в понятие геометрия зенкера и развертки?
3. Сколько режущих кромок имеет зенкер и развертка и их роль в процессе резания?
4. Для какой цели зенкер и развертка имеют обратную конусность (угол  $\varphi_1$ )?
5. Какие части ГРК у зенкера работают более интенсивно?

#### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Используя список рекомендуемой литературы ознакомиться с конструкцией, геометрией и назначением других разновидностей зенкеров и разверток.
2. Подготовить отчет по работе.
3. Прощудировать контрольные вопросы и подготовиться к защите практической работы.

## **Лабораторная работа №4**

### **«Изучение конструкции и геометрии круглых протяжек»**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить назначение и расположение основных конструктивных элементов, а также геометрических параметров круглых протяжек, особенности формообразования при протягивании.

#### **2. КРАТКИЕ 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 и иных пазов;
- гранные – для многогранных отверстий;
- протяжки для обработки винтовых канавок.

2. Протяжки для обработки наружных поверхностей различного профиля.

Из всех разновидностей внутренних протяжек наибольшее применение (до 60 %) нашли протяжки для обработки круглых отверстий, поэтому ниже будут рассмотрены конструкция и геометрия именно этих протяжек.

Круглые 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.

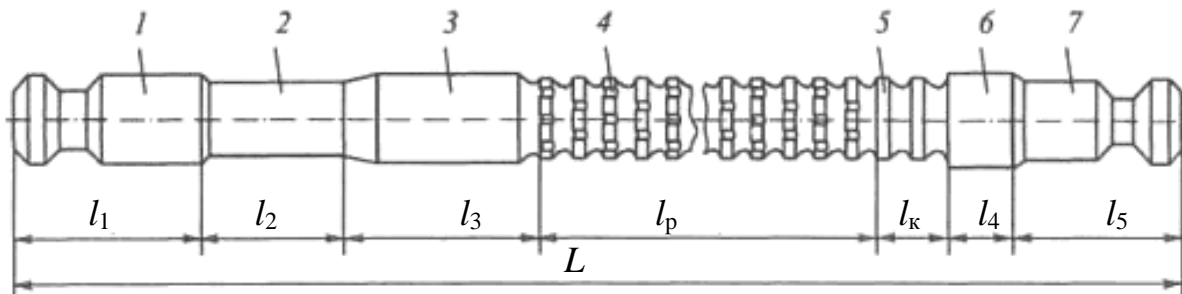


Рис. 1. Конструкция круглой протяжки

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 обработанной 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* – одинарная; *б* – групповая; *в* – профильная; *г* – генераторная; *д* – комбинированная.

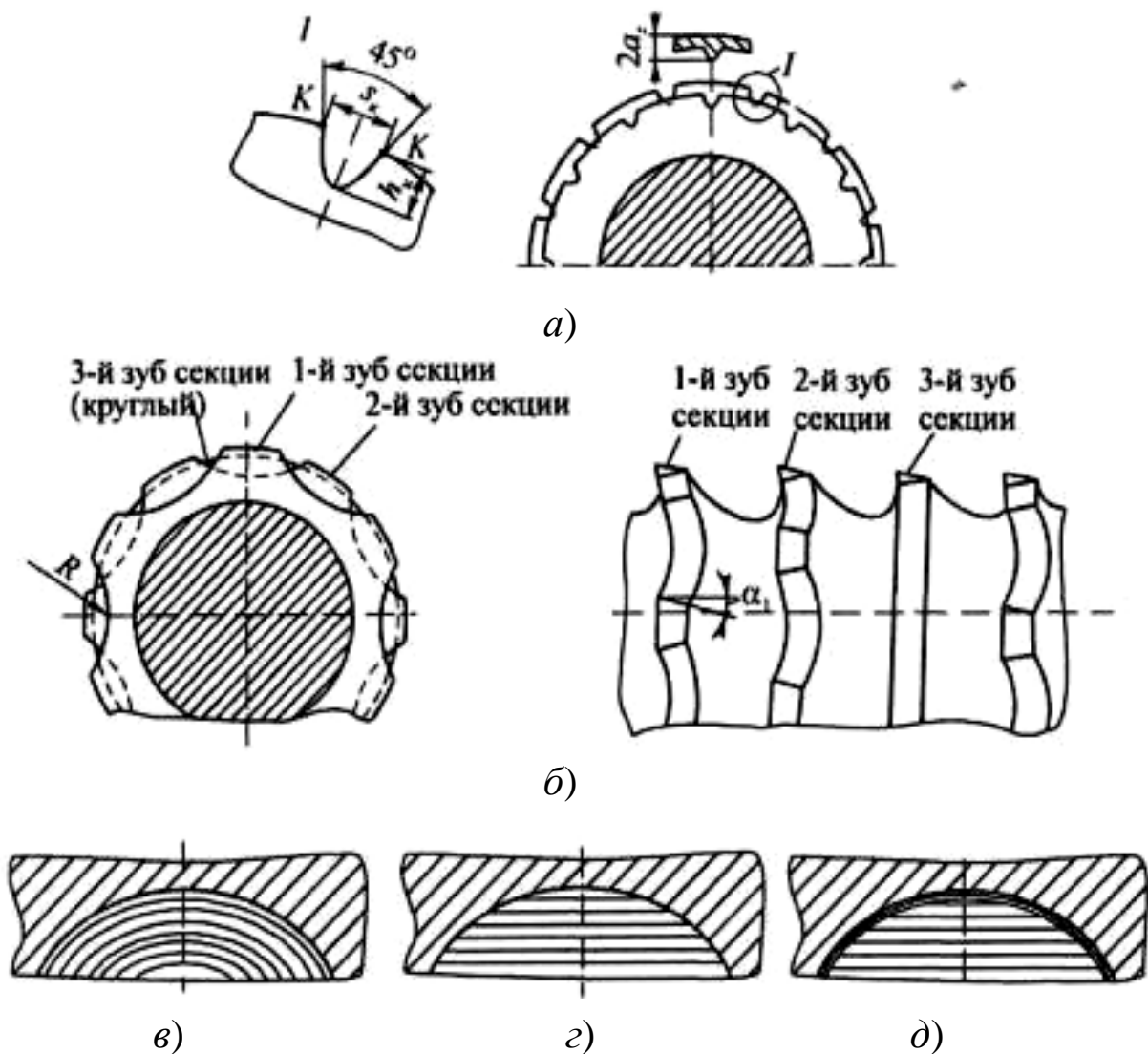


Рис. 2. Схемы резания, применяемые при протягивании

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, в т. ч. с увеличением 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 поверхностей, например, круглых или плоских.

При использовании генераторной схемы (рис. 2, з) форма режущих кромок не совпадает с формой обработанной поверхности, которая формируется последовательно всеми зубьями. В этом случае упрощается изготовление протяжки путем шлифования на проход 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 зависит 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 противостоять 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 при обработке отверстий круглой протяжкой.

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.

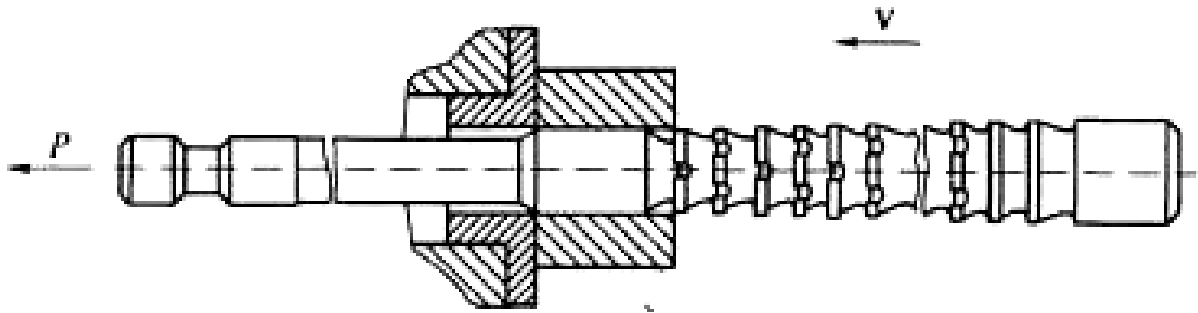


Рис. 3. Схема протягивания

На рис. 4 показаны профили зубьев и стружечных канавок, нашедшие наибольшее применение на практике: с прямолинейной и криволинейной спинками, а также с канавкой удлиненной формы.

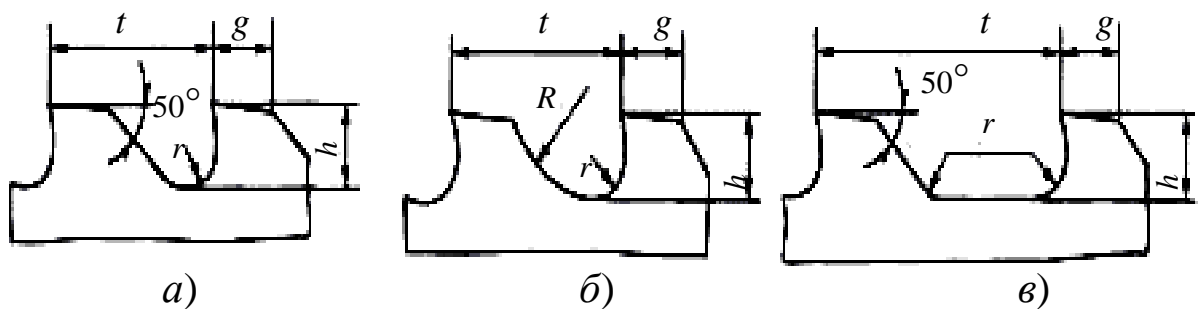


Рис. 4. Профиль режущих зубьев и стружечных канавок протяжек: а – с прямолинейной спинкой; б – с криволинейной спинкой; в – с канавкой удлиненной формы

Зубья с прямолинейной спинкой проще в изготовлении, но с точки зрения условий завивания и размещения стружки уступают форме с криволинейной спинкой. Они используются в основном



у протяжек с одинарной схемой резания при обработке сталей и хрупких материалов (чугун, бронза и др.).

При обработке стали и других пластичных металлов протяжками с групповой схемой резания, когда снимаются толстые стружки, рекомендуется использовать зубья с криволинейной спинкой, плавно сопрягающейся с передней поверхностью зуба.

Основные размеры зубьев и стружечных канавок с прямолинейной и криволинейной спинками ориентировочно можно определить по следующим соотношениям:

$$h = (0,35 \dots 0,40)t; \quad r = (0,50 \dots 0,55)h; \quad g = (0,30 \dots 0,35)t;$$

$$R = (0,65 - 0,80)t,$$

а для стружечных канавок удлиненной формы:

$$h = (0,15 \dots 0,20)d; \quad r = 0,5h; \quad g = (1,5 \dots 1,6)\sqrt[3]{d},$$

где  $h$  – глубина канавки;

$t$  – шаг зубьев;

$g$  – длина задней грани зуба;

$r$  и  $R$  – радиусы закруглений;

$d$  – диаметр протяжки.

Значение  $h$  уточняется при проверке канавок на помещаемость стружки.

Поверхности канавок рекомендуется полировать в целях улучшения завивания стружки и легкого освобождения от нее после прекращения процесса резания.

На рис. 5 представлена геометрия режущих зубьев круглой протяжки.

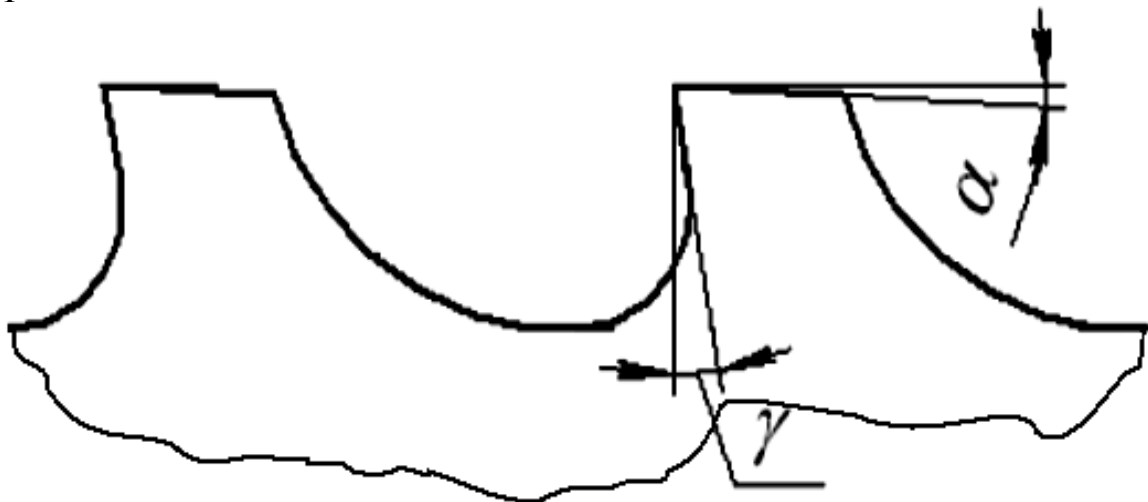


Рис. 5. Геометрия режущих зубьев круглой протяжки

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. Измерить конструктивные элементы и части круглой протяжки (см. рис. 1), а данные занести в табл. 1.

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

Таблица 1

Размеры конструктивных элементов круглой протяжки, мм

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

Таблица 2

Геометрические параметры круглой протяжки, град

$\gamma$	$\alpha$

### 4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Комплект круглых протяжек.
2. Штангенциркуль (микрометр).

3. Калькулятор.
4. Универсальный угломер.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Разновидности протяжек?
2. Какие существуют схемы резания при протягивании?
3. Из каких основных частей состоит круглая протяжка; их назначение?
4. Преимущества операции протягивания?
5. Чем протяжки отличаются от прошивок?

## **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

1. Используя список рекомендуемой литературы, изучить конструктивные особенности различных видов протяжек.
2. Подготовить отчет по данной работе.
3. Подготовиться к защите практической работы.

## **Лабораторная работа №5**

### **«Изучение конструкции и геометрии цилиндрических фрез»**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Целью данной работы является изучение конструктивных элементов и геометрии цилиндрических фрез, а также ознакомление с методами измерения геометрических параметров этих инструментов.

#### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Фрезерование является одной из высокопроизводительных и широко распространённых операций механической обработки заготовок.

Особенностью фрезерования является прерывистость процесса резания. Это обусловлено тем, что при вращении фрезы, каждый зуб врежется в заготовку, а затем выйдет из зоны резания. При дальнейшем движении зуб не соприкасается с заготовкой, что способствует его охлаждению и обуславливает более благоприятные условия для работы. С другой стороны, врезание зуба в заготовку и выход из контакта с металлом, приводит к возникновению вибраций и, следовательно, отрицательно сказывается на точности и шероховатости обработанной поверхности.

По характеру крепления зубьев различают фрезы цельные (полностью из одного материала), сварные (хвостовик и режущая часть состоит из различного материала, сваренные вместе), сборные (из различного материала, но соединённые стандартными крепёжными элементами).

Различают следующие виды фрез: цилиндрические; торцовые; дисковые (в том числе прорезные и отрезные); концевые; угловые; шпоночные; фасонные.

Торцовые фрезы используются на вертикально-фрезерных станках и обеспечивают большую производительность, чем цилиндрические. Основную работу по резанию материала у

таких фрез выполняют боковые режущие кромки, которые расположены на наружной поверхности фрезы.

Дисковые фрезы необходимы для отрезки деталей и прорезки пазов. Они делятся на одно-, двух- и трехсторонние разновидности. Односторонние дисковые фрезы снабжены зубьями только на цилиндрической поверхности. В двухсторонних фрезах зубья помимо цилиндрической поверхности расположены на одном из торцов, а в трехсторонних фрезах – на обоих. При этом торцевые кромки являются лишь вспомогательными, в то время как размещенные на цилиндрической части выполняют основную работу по фрезерованию. Для повышения эффективности резания используют фрезы с наклонными и с разнонаправленными зубьями.

Для прорезания узких пазов и разрезания материалов предназначены тонкие дисковые фрезы, называемые пилами.

Угловые фрезы необходимы для изготовления угловых пазов и обработки канавок углового профиля. Различают одноугловые и двухугловые фрезы. В одноугловых режущие кромки расположены на конической поверхности и торцах. В двухугловых они находятся на двух смежных поверхностях, благодаря чему компенсируются осевые усилия и фрезы работают более плавно. Для того чтобы угловые фрезы меньше изнашивались их вершины закругляют.

Концевые фрезы используют для изготовления глубоких пазов и одновременной обработки двух взаимно перпендикулярных поверхностей. Режущие кромки в таких фрезах расположены на цилиндрической поверхности – ими осуществляется основное резание и на торцах – с их помощью зачищается дно канавки. Зубья у концевых фрез выполняются, как правило, винтовыми.

Шпоночные фрезы представляют собой одну из разновидностей концевых фрез. Они предназначены для обработки шпоночных пазов. Шпоночные фрезы, подобно свёрлам, входят в материал до нужной глубины, а затем движутся

вдоль канавки. Эти фрезы применяются на вертикально-фрезерных станках или на станках с маятниковой подачей.

Фасонные фрезы используются для создания пазов и канавок сложного рельефа. По конструкции зубьев они подразделяются на фрезы с затылованными зубьями и фрезы с остроконечными зубьями. Затылованные фрезы перетачивают по передней поверхности, в то время как фрезы с остроконечными зубьями могут затачивать как по задним поверхностям зубьев, так и по передним – в зависимости от вида фрезы. Остроконечные фасонные фрезы имеют повышенную износостойкость и обеспечивают создание более чистой поверхности.

Сборные фасонные фрезы представляют собой совокупность простых по форме зубьев, образующих сложный контур.

Форма задней поверхности зубьев фрез бывает криволинейной и прямой.

Разновидностью фасонных фрез являются резбонарезные фрезы (однониточные и многониточные) и зуборезные фрезы (модульные дисковые, модульные пальцевые и червячные).

По способу установки на шпиндель фрезы подразделяются на концевые (хвостовые) и насадные. Первые крепятся с помощью цанги и зажимного патрона, вторые ввинчиваются непосредственно в шпиндель. При этом направление вкручивания фрезы противоположно направлению её движения в ходе работы.

Далее будет рассмотрена конструкция и геометрия цилиндрических фрез.

Цилиндрическими фрезами обрабатывают плоские поверхности. Такие фрезы представляют собой цилиндр, на поверхности которого сформированы режущие зубья (рис. 1).

Зубья могут быть прямыми и винтовыми. Фрезы с прямыми зубьями просты по конструкции и не требуют сложных приспособлений при заточке, но работают с ударами. Фрезы с винтовыми зубьями работают более плавно и обеспечивают

получение более чистой поверхности, но сложнее в изготовлении и заточке.

К конструктивным элементам цилиндрической фрезы относятся (рис. 1):  $D$  – диаметр фрезы;  $d$  – диаметр посадочного отверстия;  $B$  – ширина фрезы;  $t$  – торцевой шаг (расстояние между зубьями по торцу фрезы);  $t_0$  – осевой шаг (расстояние между зубьями вдоль оси фрезы).

Цилиндрическая фреза состоит из: корпуса фрезы – 1; передней поверхности зуба – 2; задней поверхности – 3; спинки зуба – 4. К геометрическим параметрам цилиндрической фрезы относятся (рис. 1):  $\gamma$  – передний угол,  $\alpha$  – задний угол,  $\omega$  – угол наклона винтовых зубьев;  $\theta$  – центральный угол между зубьями;  $\alpha_n$  – нормальный задний угол;  $\delta$  – угол резания;  $\beta$  – угол заострения;  $\varphi$  – главный угол в плане;  $\varphi_0$  – угол в плане на переходном лезвии;  $\varphi_1$  – вспомогательный угол в плане.

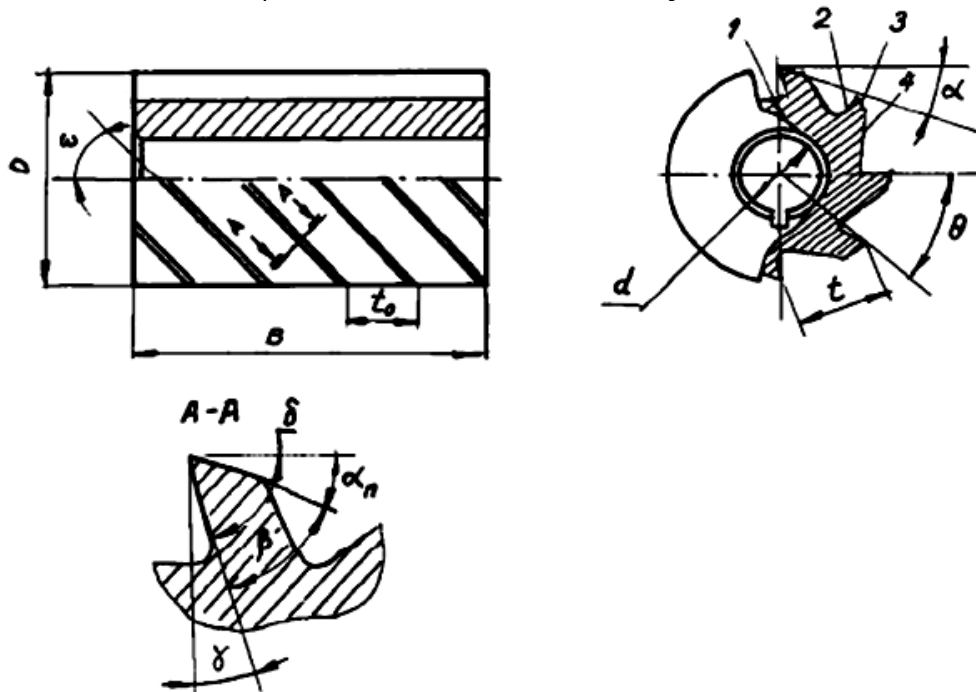


Рис. 1. Конструкция и геометрия цилиндрической фрезы

Цилиндрические фрезы изготавливаются цельными (из быстрорежущих сталей) и сборными (со вставными ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава).

На рис. 2 изображена цилиндрическая фреза с винтовым зубом (рис. 2, а), с прямым зубом (рис. 2, б).

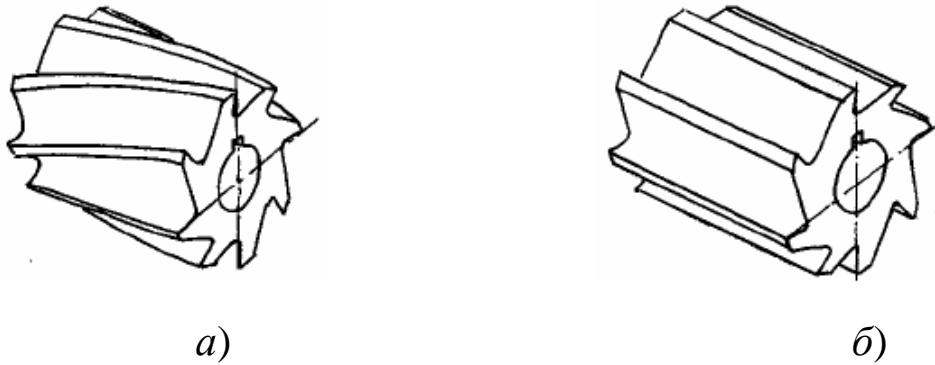


Рис. 2. Разновидности наклона зубьев цилиндрической фрезы: с винтовым зубом (а) и с прямым зубом (б)

Фрезы могут иметь остроконечную и затылованную формы зуба (рис. 3).

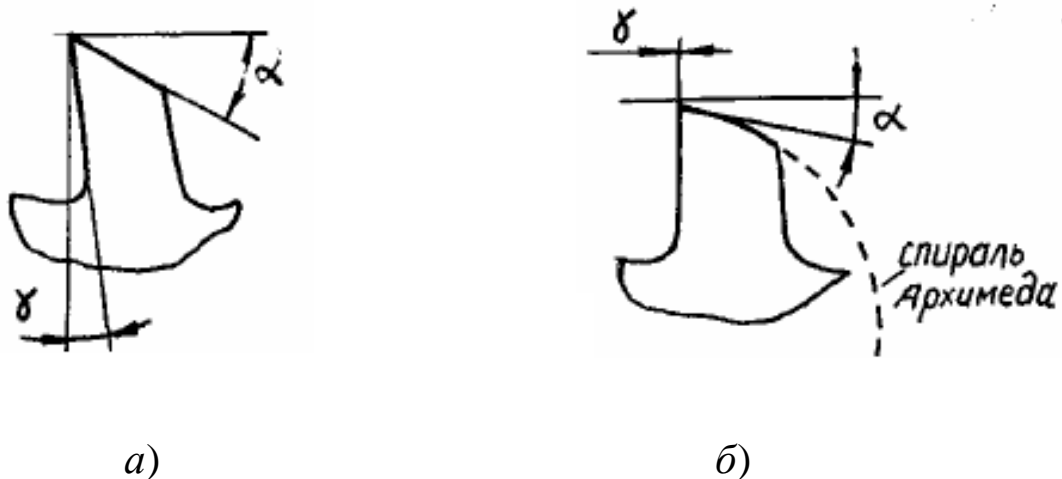


Рис. 3. Формы зубьев фрез: а – остроконечная; б – затылованная

У остроконечного зуба передняя и задняя поверхности плоские (рис. 3, а). Затылованный зуб (рис. 3, б) внешне отличается большей толщиной и формой задней поверхности, которая формируется по спирали Архимеда. Благодаря затылованию профиль режущей кромки зуба при переточках по передней грани во всех радиальных сечениях остаётся неизменным независимо от его сложности. Это является основным достоинством таких фрез, наряду с весьма простой и нетрудоемкой по исполнению операцией переточки. Кроме того, зубья такой формы обладают высокой прочностью, а по мере переточки объём канавок для размещения стружки увеличивается, что благоприятно сказывается на работе фрезы.



При увеличении числа зубьев фрезы снижается шероховатость обработанной поверхности и уменьшается неравномерность процесса резания.

Форма зубьев фрез должна быть такой, чтобы: обеспечивалась необходимая прочность зуба; допускалось, возможно, большее количество переточек; объём канавок между зубьями был достаточным для размещения стружки.

Бывает также трапецевидная, усиленная и параболическая формы зуба. Трапецевидная форма наиболее проста в изготовлении, но при этом зуб несколько ослаблен, поэтому имеет небольшую высоту и малый объём стружечной канавки. По мере переточки зуба по задней грани его высота уменьшается и он становится более прочным. Однако такая форма зубьев допускает небольшое число переточек и применяется на фрезях для чистовой обработки. При этом число зубьев из-за их малого объёма может быть максимально возможным. Канавки в таких фрезях изготавливают либо фрезерованием, либо вышлифовыванием эльборовыми или алмазными кругами в цельных заготовках на станках с ЧПУ. При переточке высота зуба уменьшается, поэтому суммарная стойкость таких фрез невелика, так как они допускают лишь 6–8 переточек.

Параболическая форма зуба обладает наибольшей прочностью на изгиб, так как спинка зуба, оформленная по параболе, обеспечивает равнопрочность во всех сечениях по высоте зуба. Недостатком этой формы является необходимость для каждой высоты зуба иметь свою сложную фасонную канавочную фрезу. Поэтому с целью упрощения профиля спинки таких фрез параболу часто заменяют дугой окружности. На передней поверхности зубьев параболической формы предусмотрен прямолинейный участок, от длины которого зависит количество переточек фрезы. Причём переточка допускается только по задней поверхности.

Усиленная форма зуба применяется для тяжелых фрезерных работ. Такой зуб имеет ломаную спинку, а также увеличенные толщину и высоту. Получают эти зубья двойным фрезерованием угловыми фрезами. Хотя при этом число операций увеличивается

вдвое, такие зубья проще в изготовлении, чем параболические. Они имеют больший запас на переточку и высокую прочность. При этом используются стандартные канавочные фрезы с прямолинейными режущими кромками.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получив у преподавателя цилиндрическую фрезу, штангенциркулем измерить ее диаметр ( $D$ ), ширину ( $B$ ), диаметр посадочного отверстия ( $d_1$ ), высоту зуба ( $H$ ), число зубьев ( $z$ ) и занести в табл. 1;

2. С помощью угломера измерить передний ( $\gamma$ ) и задний ( $\alpha$ ) углы фрезы (см. рис. 4). Данные занести в табл. 1;

3. Путём прокатывания фрезы по копировальной бумаге и с помощью транспортира (угломера) измерить ( $\omega$ ) – угол наклона винтовых зубьев фрезы (если фреза с винтовыми зубьями). Результаты измерений внести в табл. 1.

Таблица 1

Конструктивные размеры и геометрические параметры  
цилиндрической фрезы

$D$ , мм	$B$ , мм	$d_1$ , мм	$H$ , мм	Число зубьев	$\gamma$ , град	$\alpha$ , град	$\omega$ , град

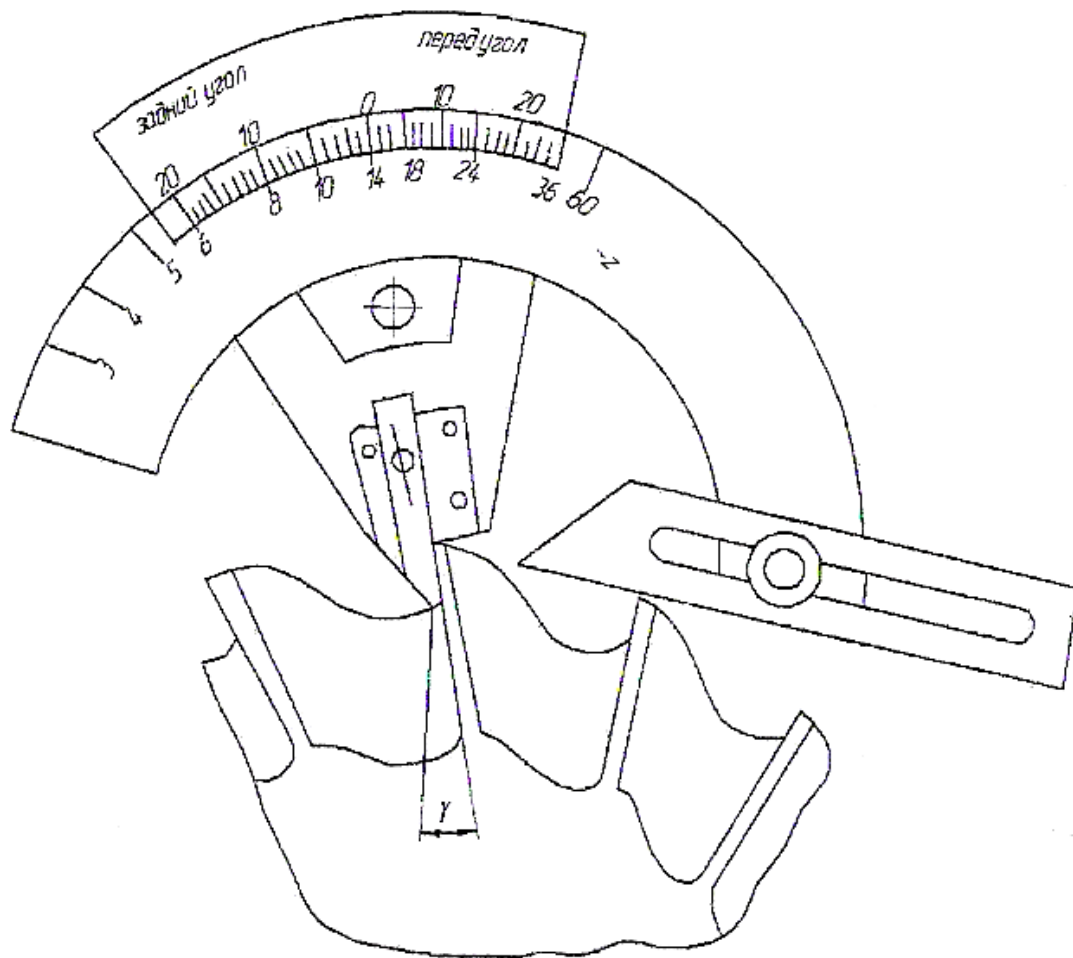


Рис. 4. Измерение переднего и заднего углов фрезы универсальным угломером

#### **4. ОБОРУДОВАНИЕ**

1. Комплект цилиндрических фрез.
2. Штангенциркуль (микрометр).
3. Универсальный угломер.
4. Транспортёр.
5. Калькулятор.

#### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислить разновидности фрез и охарактеризовать их назначение.
2. Какие поверхности обрабатывают цилиндрическими фрезами?
3. Какие конструктивные элементы имеет цилиндрическая фреза?
4. Из каких конструктивных элементов состоит зуб фрезы?
5. Что входит в понятие геометрия фрезы?

#### **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

1. Используя список рекомендуемой литературы, изучить конструктивные особенности различных видов фрез.
2. Подготовить отчет по данной работе.
3. Подготовиться к защите практической работы.

## **Лабораторная работа №6**

### **«Изучение конструкции и геометрия метчика и плашки»**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить особенности формообразования резьб метчиками и плашками, назначение и расположение основных конструктивных элементов и геометрических параметров метчика и плашки; научиться их измерять и пользоваться соответствующими средствами измерения.

#### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Резьбовые разъёмные соединения находят широкое применение в машиностроении. Основными деталями резьбового соединения являются винт и гайка. Для нарезания внутренней резьбы в отверстиях применяют метчики, а для нарезания наружной резьбы – плашки различной конструкции.

Метчик представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми стружечными канавками, образующими режущие кромки. Метчики по конструктивным особенностям и назначению делятся на:

- ручные: для нарезания метрической и трубной цилиндрической резьбы. Изготавливаются комплектами из 2-х штук, праворежущими, из углеродистых сталей марок: У7, У10, У12;
- машинно-ручные: для нарезания метрической резьбы, трубной резьбы и дюймовой резьбы. Изготавливаются одинарными и комплектами из 2–3-х штук для сквозных и глухих отверстий. Метчики изготавливают право- и леворежущими. Возможен выпуск метчиков с износостойкими покрытиями из нитрида титана;
- машинные: для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях;
- гаечные: для нарезания гаек с метрической и дюймовой резьбой. Изготавливаются с коротким и длинным хвостовиком и бывают право- и леворежущими.

Далее представлены чертежи различных видов метчиков и их основные размеры.

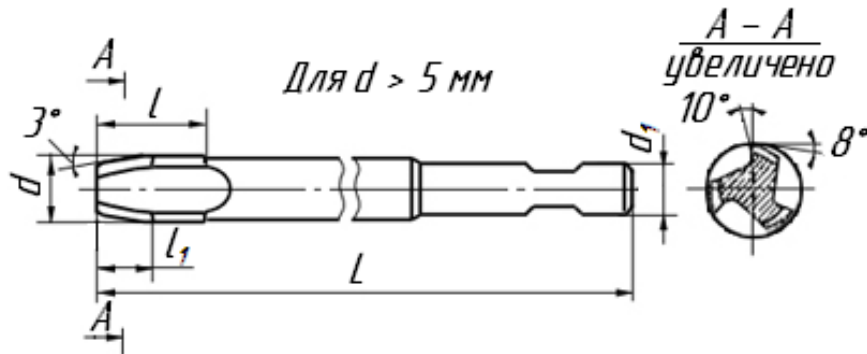


Рис. 1. Метчик гаечный из быстрорежущей стали (ГОСТ 1604-71)

Метчик гаечный из быстрорежущей стали (ГОСТ 1604-71) для нарезания гаек с метрической резьбой (ГОСТ 9150-2002) короткий. Параметры метчика:  $d = 3\text{--}30$  мм;  $P = 0,35\text{--}3,5$  мм;  $L = 70\text{--}280$  мм;  $l = 10\text{--}70$  мм;  $d_1 = 2,24\text{--}22,4$  мм;  $z = 3; 4$ .

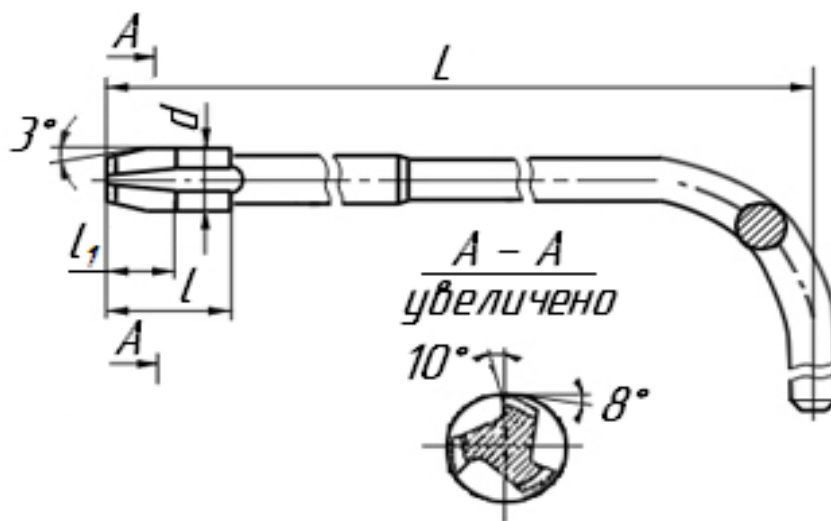


Рис. 2. Метчик гаечный из быстрорежущей стали с изогнутым хвостовиком (ГОСТ 6951-71)

Метчик гаечный из быстрорежущей стали с изогнутым хвостовиком (ГОСТ 6951-71) для нарезания гаек с метрической резьбой (ГОСТ 9150-2002) короткий и длинный.

Параметры метчика:  $d = 3\text{--}30$  мм;  $P = 0,35\text{--}3,5$  мм;  $l = 7\text{--}70$  мм;  $l_1 = 4\text{--}40$  мм;  $L = 135\text{--}340$  мм – короткий;  $L = 140\text{--}420$  мм – длинный.

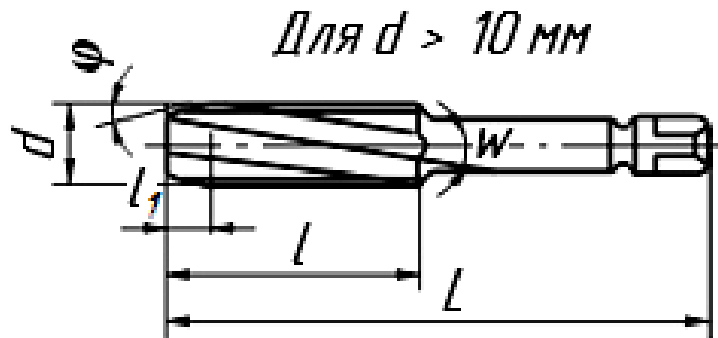


Рис. 3. Метчик машинный из быстрорежущих сталей с винтовыми канавками (ГОСТ 17933-72)

Метчик машинный из быстрорежущих сталей с винтовыми канавками (ГОСТ 17933-72) для нарезания резьбы (ГОСТ 9150-2002) в сквозных и глухих отверстиях. Параметры метчика:  $d = 3\text{--}12$  мм;  $P = 0,35\text{--}1,75$  мм;  $L = 48\text{--}90$  мм;  $l = 12\text{--}28$  мм;  $z = 3$ ;  $w = 10,30^\circ$ ;  $\alpha = 4^\circ$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $l_1 = 2\text{--}10,5$  мм и  $\varphi = 6^\circ$  – для сквозных отверстий;  $l_1 = 1\text{--}5,2$  мм и  $\varphi = 12^\circ\text{--}12^\circ30'$  – для глухих отверстий.



Рис. 4. Метчик (ГОСТ 6227-80)

Метчик (ГОСТ 6227-80) для нарезания дюймовой конической резьбы с углом профиля  $60^\circ$  (ГОСТ 6111-52) и трубной конической резьбы (ГОСТ 6211-81). Дюймовая коническая резьба: К1/8"–К2". Параметры метчика:  $d = 10,7\text{--}61,2$  мм;  $d_1 = 8\text{--}45$  мм;  $d_{\text{он}} = 9,519\text{--}58,325$  мм;  $l = 18\text{--}45$  мм;  $L = 55\text{--}$

140 мм;  $l_1 = 2,8-6,6$  мм. Трубная коническая резьба: R1/8–R2. Параметры метчика:  $d = 10,1-60$  мм;  $d_1 = 8-45$  мм;  $d_{оп} = 9,147-58,135$  мм;  $l = 18-50$  мм;  $L = 55-140$  мм;  $l_1 = 2,7-7$  мм;  $z = 3; 4; 6$ .

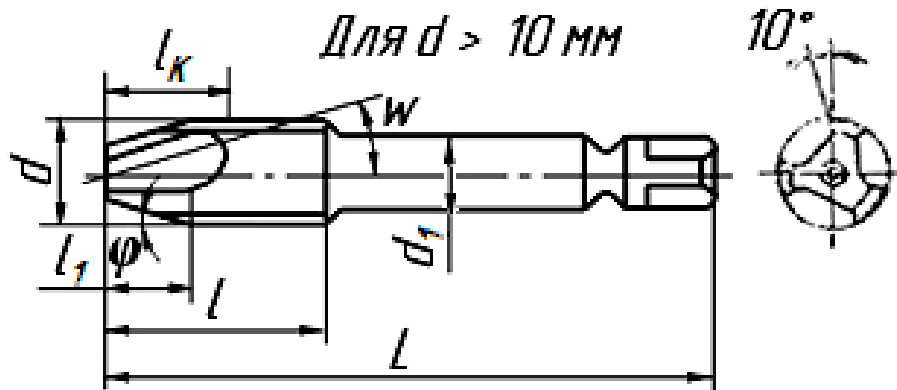


Рис. 5. Метчик машинный с укороченными канавками (ГОСТ 17931-72)

Метчик машинный с укороченными канавками (ГОСТ 17931-72) для нарезания резьбы (ГОСТ 9150-2002) в сквозных отверстиях. Параметры метчика:  $d = 3-12$  мм;  $L = 48-90$  мм;  $l = 12-29$  мм;  $l_1 = 1,5-15$  мм;  $d_1 = 8-9$  мм;  $\varphi = 6-7^\circ$ ;  $l_k = 4,2-21$  мм;  $w = -10^\circ$ .

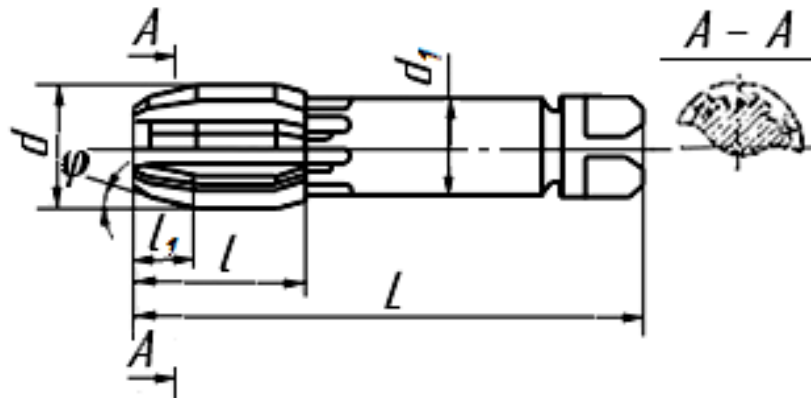


Рис. 6. Метчик машинный (ГОСТ 19879-74)

Метчик машинный (ГОСТ 19879-74), оснащенный твердосплавными пластинками для нарезания трубных цилиндрических резьб (ГОСТ 6357-81) в глухих и сквозных отверстиях деталей из чугуна твердостью HB < 3000. Параметры метчика:

$d = 20,955-59,614$  мм; число шагов 14–11 на длине 25,4 мм;  $L = 125-195$  мм;  $l = 25-40$  мм;  $d_1 = 16-40$  мм;  $z = 4; 6$ ;  $l_1 = 8-9$  мм



и  $\varphi = 14^\circ$  – для сквозных отверстий;  $l_1 = 5\text{--}6,4$  мм и  $\varphi = 19^\circ$  – для глухих отверстий.

На рис. 7 представлен чертёж метчика, на котором указаны конструктивные и геометрические элементы этого инструмента.

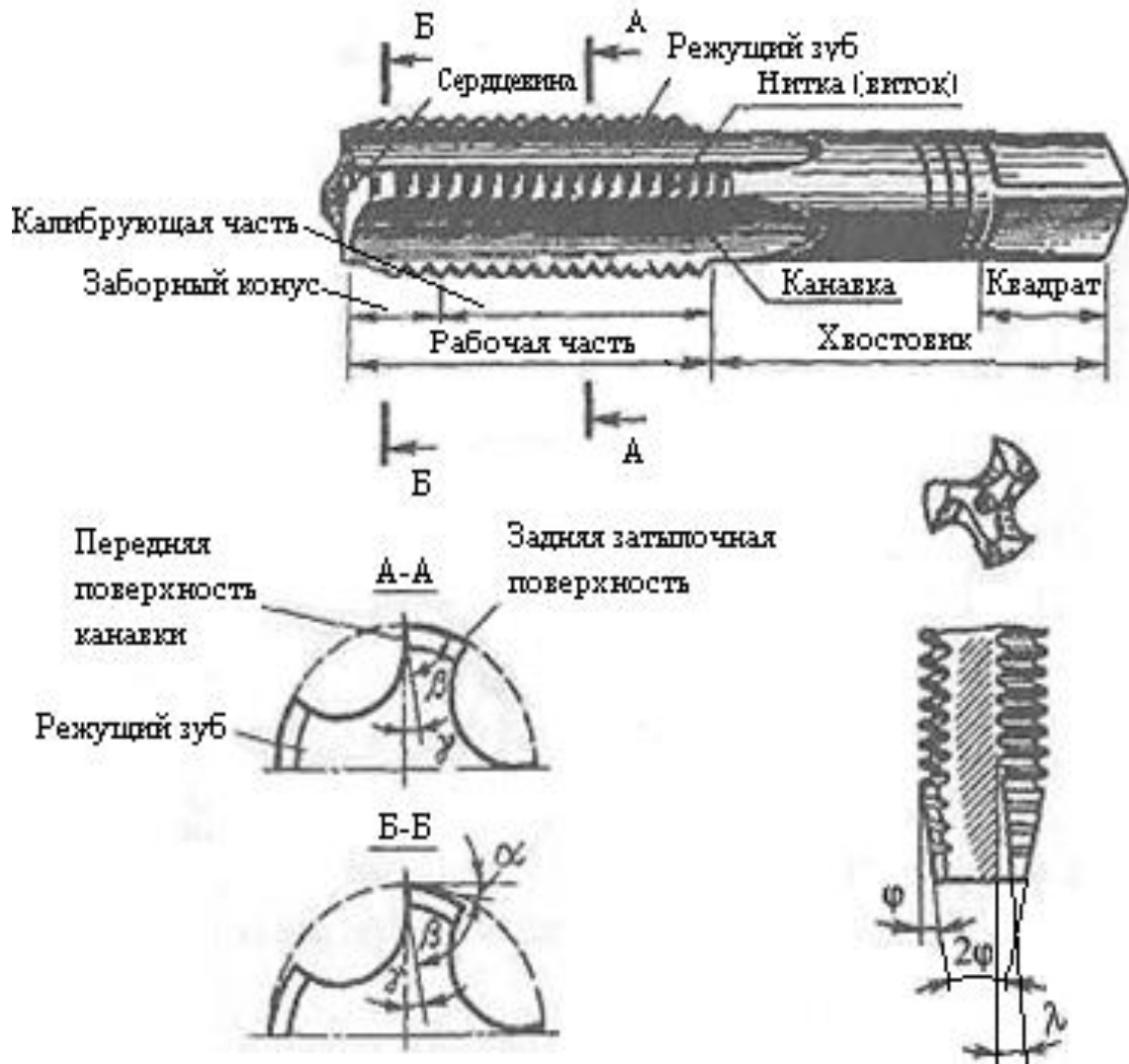


Рис. 7. Конструкция и геометрия метчика

Основными конструктивными элементами метчика являются рабочая часть и хвостовик, заканчивающийся квадратом для воротка. Рабочая часть метчика имеет режущую и калибрующую части. Задняя поверхность для исключения трения её об обрабатываемую деталь выполняется затылованной (некруглой).

Режущий зуб метчика имеет форму клина с передним углом ( $\gamma$ ), полученным путём заточки передней поверхности канавки, задним углом ( $\alpha$ ), полученным путём заточки (затылования) по

наружному диаметру режущей части, а также углом заострения ( $\beta$ ). К геометрическим параметрам метчика относятся также:  $2\varphi$  – угол конуса заборной части;  $\varphi$  – угол заборного конуса, играющий роль угла в плане;  $\lambda$  – осевой угол подточки передней поверхности.

Профиль резьбы метчика соответствует профилю нарезаемой резьбы. При нарезании крупных резьб часто используют комплекты из двух или трёх метчиков, отличающихся размерами заборного конуса, а на вязких материалах (титановых сплавах) используются комплекты даже из пяти метчиков.

Метчики могут использоваться для изготовления резьб с помощью токарных и сверлильных станков, а также для нарезания резьб вручную.

При нарезании внутренних резьб большое значение имеет правильный выбор диаметра отверстия под резьбу. Если диаметр отверстия выполнен больше требуемого, то резьба не имеет полного профиля. При меньшем диаметре отверстия вход метчика в него затруднён, что ведёт либо к срыву резьбы, либо к заклиниванию и поломке метчика. Диаметр сверла для отверстия под нарезание резьб выбирают по специальным справочникам.

Наружную резьбу нарезают плашками как вручную, так и на станках. Наиболее распространены плашки для нарезания резьб диаметром до 52 мм. Плашка представляет собой инструмент с осевыми отверстиями, образующими режущие кромки. Как правило, на плашках делают 3–6 стружечных отверстий для отвода стружки. Режущую часть плашки выполняют в виде внутреннего конуса. Плашки изготавливают из легированных сталей (9ХС, ХВСГФ), быстрорежущих сталей (Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р6М5К8) и из твёрдых сплавов.

Существуют следующие разновидности плашек: цельные, разрезные, раздвижные.

Цельные плашки, благодаря своей конструктивной жёсткости, дают возможность получить резьбу высокого качества (метрическую, коническую), но обладают небольшой износостойкостью.

Разрезные плашки – могут немного пружинить, изменяя диаметр нарезаемой резьбы на 0,1–0,3 мм. Из-за малой жесткости разрезные плашки не дают чистой и точной резьбы.

Раздвижные плашки – устанавливают в клуппах, имеющих специальные направляющие. Плашка состоит из двух частей, закрепляемых в рамке клуппа сухарём и винтом. Этим винтом регулируют диаметр нарезаемой резьбы. К клуппу прикладывают набор плашек, который позволяет изготавливать резьбы разных размеров.

В зависимости от формы наружной поверхности плашки подразделяют на круглые, квадратные, шестигранные, призматические.

Круглые плашки – закрепляют для работы в воротках стопорными винтами или крепят в резьбонарезных патронах. Для этого на наружном цилиндре плашки существуют конические углубления и угловой паз. Последний позволяет разрезать плашку шлифовальным кругом по перемычке и частично регулировать по диаметру. Для круглых разрезных плашек применяют воротки с пятью винтами, с помощью которых регулируют диаметр нарезаемой резьбы.

На рис. 8 представлен чертёж плашки, на котором указаны все конструктивные и геометрические элементы этого инструмента.

Плашка имеет корпус 1 со стружечными отверстиями и крепежными элементами, режущую 3 и калибрующую 2 часть.

В корпусе плашки имеются:

- режущие зубья (они характеризуются параметрами:  $z$  – число зубьев,  $B$  – ширина зуба,  $H_1$  – ширина просвета между зубьями);
- стружечные отверстия;
- паз под разжимной винт;
- гнёзда для регулировочных и крепежных винтов.

Размеры плашки характеризуются следующими параметрами:

- наружным  $d$ , внутренним  $d_1$  и средним  $d_{cp}$  диаметрами;
- шагом резьбы  $P$ ;

- наружным диаметром плашки  $D$ ;
- шириной плашки  $H$ , которая состоит из двух длин режущей  $l_p$  и калибрующей  $l_k$  частей;
- шириной перемычек  $e$  и  $e_1$ ;
- шириной паза  $b$ ;
- величиной смещения гнёзд регулировочных винтов от осей симметрии плашки  $s$ ;
- высотой профиля резьбы (глубиной резания)  $t$ ;
- величиной затылования  $K$ ;
- превышением высоты профиля резьбы на заборной части  $a_1$  (0,1–0,3 мм).

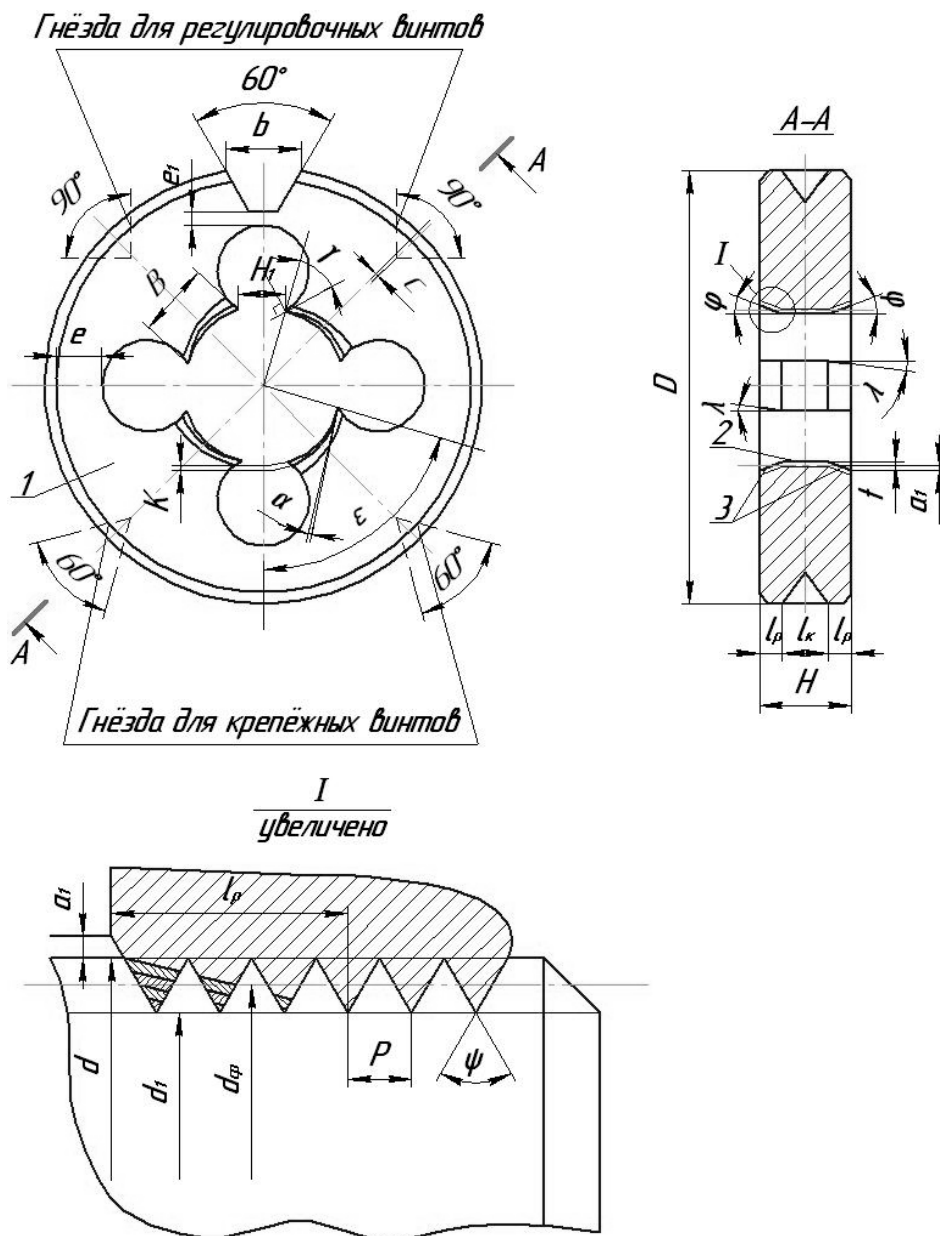


Рис. 8. Конструктивные элементы и геометрические параметры круглой плашки

Гнёзда для крепёжных и регулировочных винтов служат для фиксации плашки в плашкодержателе. Регулировочные винты позволяют также изменять в некоторых пределах диаметр нарезаемой резьбы.

В геометрические параметры плашки входят:

- передний угол  $\gamma$ ;
- задний угол  $\alpha$ ;
- угол наклона режущей кромки  $\lambda$ ;
- угол заборного конуса  $\varphi$ ;
- угол профиля резьбы  $\psi$ ;
- угол сектора  $\varepsilon$  для определения величины затылования.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для метчика и плашки, выданных преподавателем, выполнить следующие измерения конструктивных и геометрических параметров.

3.1. Измерить конструктивные элементы метчика:

- длину заборного конуса;
- длину калибрующей части;
- длину рабочей части;
- длину хвостовика;
- длину квадрата.

3.2. Измерить геометрические параметры метчика:

- $2\varphi$  – угол конуса заборной части (универсальным угломером);
- $\gamma$  – передний угол – определять по формуле

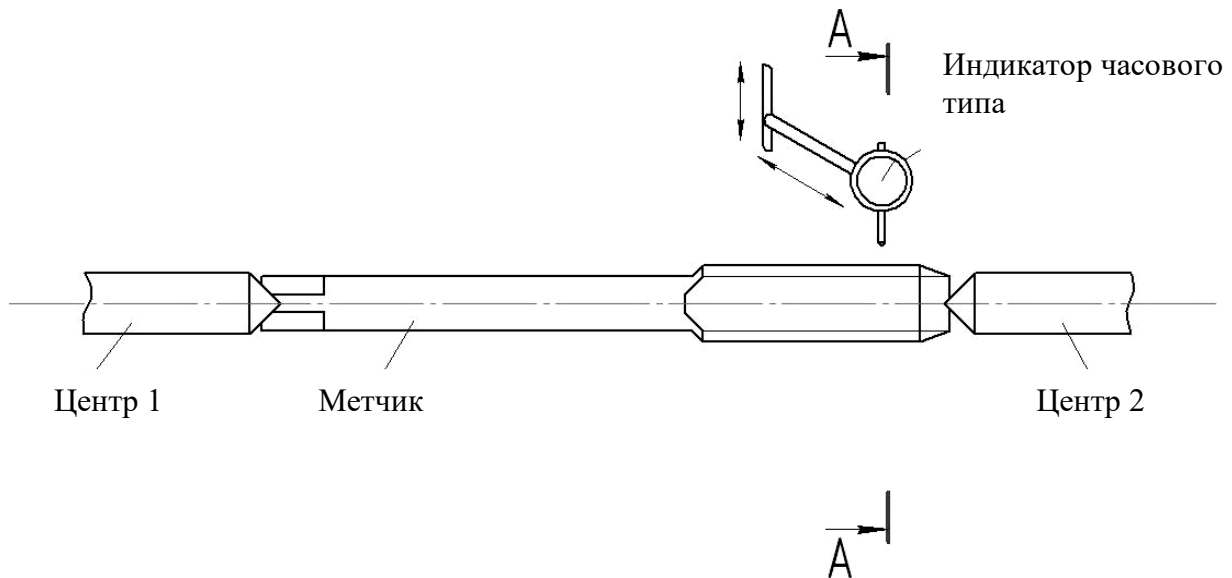
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad (1)$$

где  $\Delta x$  – величина смещения ножки индикатора по оси  $X$  (см. рис. 9), а  $\Delta y$  – величина смещения ножки индикатора по оси  $Y$  (см. рис. 9).

- $\alpha$  – задний угол – определять по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{K_{з_1}}{f}, \quad (2)$$

где  $K_{з_1}$  – величина затылования в точке 1 (см. рис. 10);  $K_{з_2}$  – величина затылования в точке 2 (см. рис. 10);  $f$  – ширина зуба на измеряемом участке 1–3.



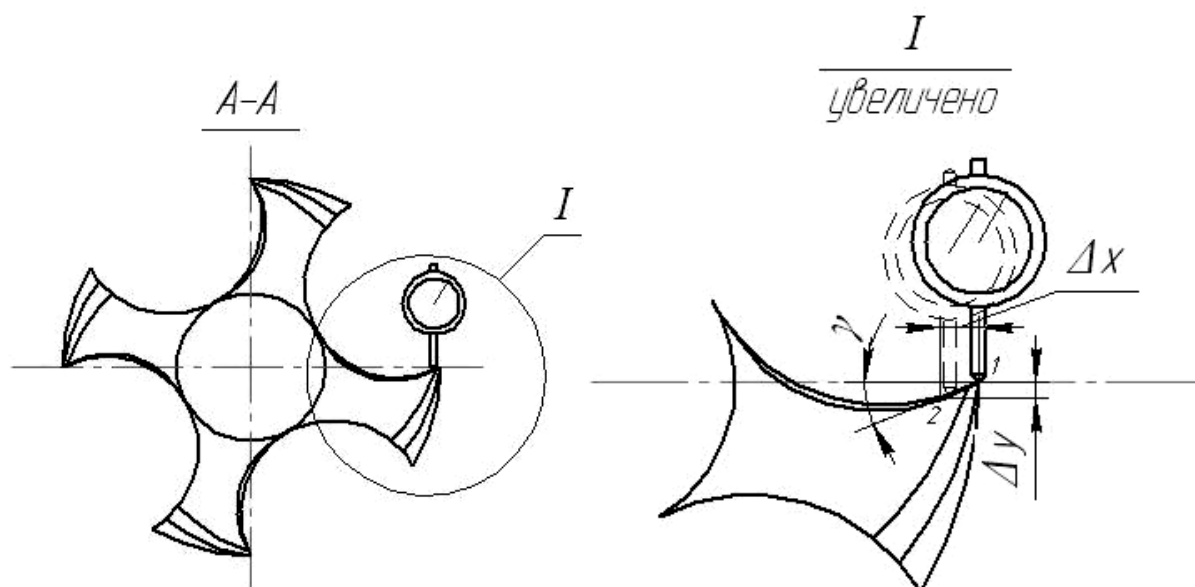


Рис. 9. Схема определения переднего угла метчика

В точке 1 задний угол будет больше, чем в точке 2, т. е.  $\alpha_1 > \alpha_2$ . При определении заднего угла необходимо измерять величину заднего угла только в точке  $x$ , как показано на рис. 10.

- $\beta$  – угол заострения – определять по формуле

$$\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha), \quad (3)$$

- $\varphi$  – угол заборного конуса (универсальным угломером);
- $\lambda$  – осевой угол подточки передней поверхности (с помощью копировальной бумаги и транспортира).

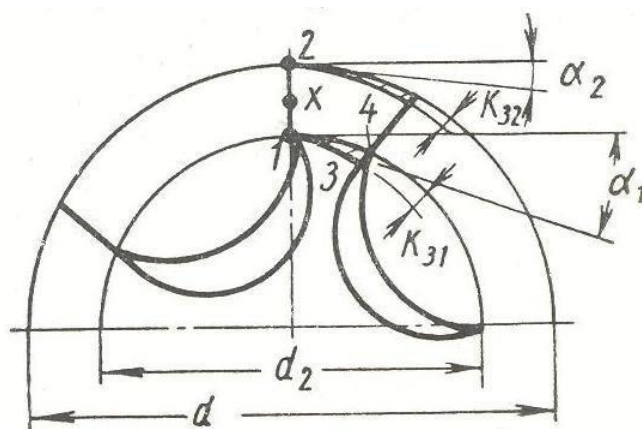


Рис. 10. Схема затылования заборной части метчика и образование задних углов

### 3.3. Измерить конструктивные элементы плашки:

- общую длину плашки  $H$ ;
- длину заборной части  $l_p$ ;
- длину калибрующей части  $l_k$  ( $l_k = H - 2l_p$ );
- наружный диаметр плашки  $D$ ;
- наружный диаметр резьбы  $d$ ;
- внутренний диаметр резьбы  $d_1$ ;
- шаг резьбы  $P$ .

### 3.4. Измерить геометрические параметры плашки:

- $\varphi$  – угол наклона заборной части (универсальным угломером);
- $\lambda$  – угол наклона режущей кромки измеряется в плоскости резания. В этом случае одна из линеек угломера располагается на торцевой поверхности плашки перпендикулярно зубу, а другая – касательно к главной режущей кромке;
- $\gamma$  – передний угол определяется в плоскости, перпендикулярной оси инструмента. Данный угол определяется путём получения оттиска торцевой поверхности инструмента (на копировальной бумаге) и геометрических построений на нём (рис. 8). Искомый угол определяется в итоге транспортиром;
- $\alpha$  – задний угол – определять по формуле (4):

$$\alpha = \arctg \left( \frac{K \cdot \left( \frac{360}{\varepsilon} \right)}{\pi \cdot d_1} \right), \quad (4)$$

где  $K$  – величина затылования для заднего угла;  $d_1$  – внутренний диаметр резьбы.

## 4. ОБОРУДОВАНИЕ

### 1. Комплект метчиков и плашек.



2. Набор измерительных инструментов и аксессуаров: штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер, масштабная линейка, транспортир, индикатор часового типа со штативом.

3. Калькулятор с тригонометрическими функциями для вычисления значений углов по имеющимся исходным данным и соответствующим формулам.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислите виды резьбонарезного инструмента.
2. Какие виды метчиков и плашек существуют?
3. Назовите и охарактеризуйте все конструктивные элементы метчика и плашки.
4. Перечислите геометрические параметры метчика.
5. Назовите все углы, которые входят в понятие геометрия плашки.

## **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

1. Подготовить отчет по работе.
2. Простудировать контрольные вопросы и подготовиться к защите работы.
3. Используя список рекомендуемой литературы, изучить конструкции других резьбонарезных инструментов.

## **Лабораторная работа №7**

### **«Изучение конструкции и геометрии зуборезного долбяка»**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить назначение и расположение основных конструктивных элементов и геометрических параметров долбяка, а также особенности формообразования при зубодолблении, научиться измерять конструктивные и геометрические параметры долбяка и пользоваться соответствующими средствами измерения.

#### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Одним из распространённых методов формообразования зубчатых колёс является их нарезание на специальных зубодолбёжных станках с применением зуборезных долбяков.

Зуборезный долбяк представляет из себя зубчатое колесо, снабжённое режущими кромками. При обработке инструмент совершает возвратно-поступательные движения относительно заготовки. После каждого двойного хода, заготовка и инструмент поворачиваются относительно своих осей. Таким образом, инструмент и заготовка как бы «обкатываются» друг по другу. После того, как заготовка сделает полный оборот, долбяк совершает движение подачи к заготовке. Этот процесс происходит до тех пор, пока не будет удалён весь необходимый слой металла.

Зуборезные долбяки предназначены для нарезания зубьев прямозубых и косозубых зубчатых колёс наружного и внутреннего зацепления, зубчатых венцов шевронных колёс с канавкой и без неё, зубчатых колёс блоков, зубчатых колёс с выступающими фланцами, ограничивающими свободный выход инструмента и зубчатых реек.

Долбяки изготавливают пяти типов:

- дисковые прямозубые (тип I);
- дисковые косозубые (тип II);

- чашечные прямозубые (тип III);
  - хвостовые прямозубые (тип IV);
  - хвостовые косозубые (тип V);
- и трёх классов точности АА, А и В.

Разновидности долбяков изображены на рис. 1.

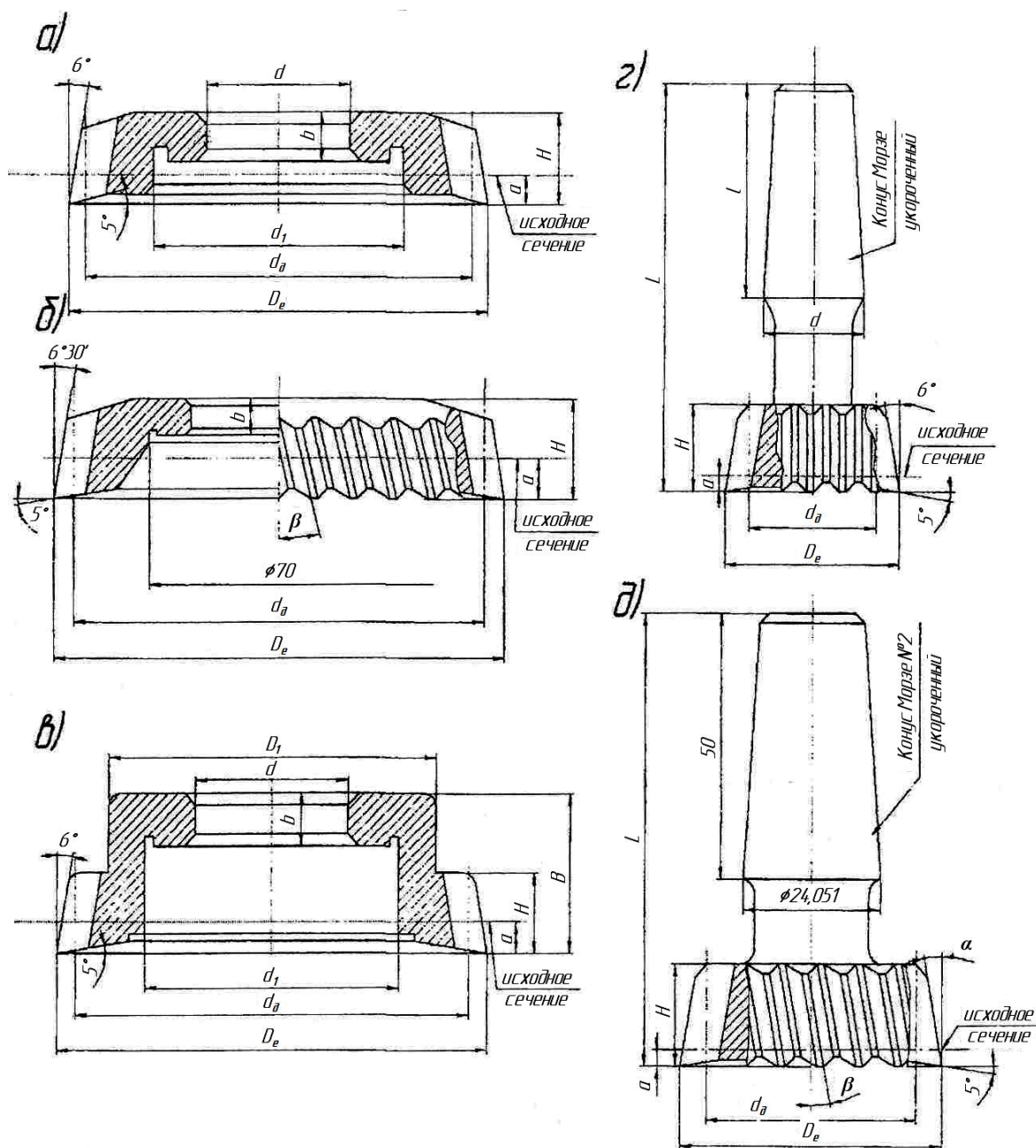


Рис. 1. Разновидности долбяков: а – дисковый прямозубый; б – дисковый косозубый; в – чашечный прямозубый; г – хвостовой косозубый

Для изготовления долбяков всех типов и классов точности применяются быстрорежущие стали и пластины из твердых сплавов. Хвостовые долбяки изготавливаются сварными – режущая часть из быстрорежущих сталей, хвостовая – из стали марок 45 или 40Х.

На рис. 2 представлен чертёж долбяка, на котором указаны все конструктивные и геометрические элементы этого инструмента.

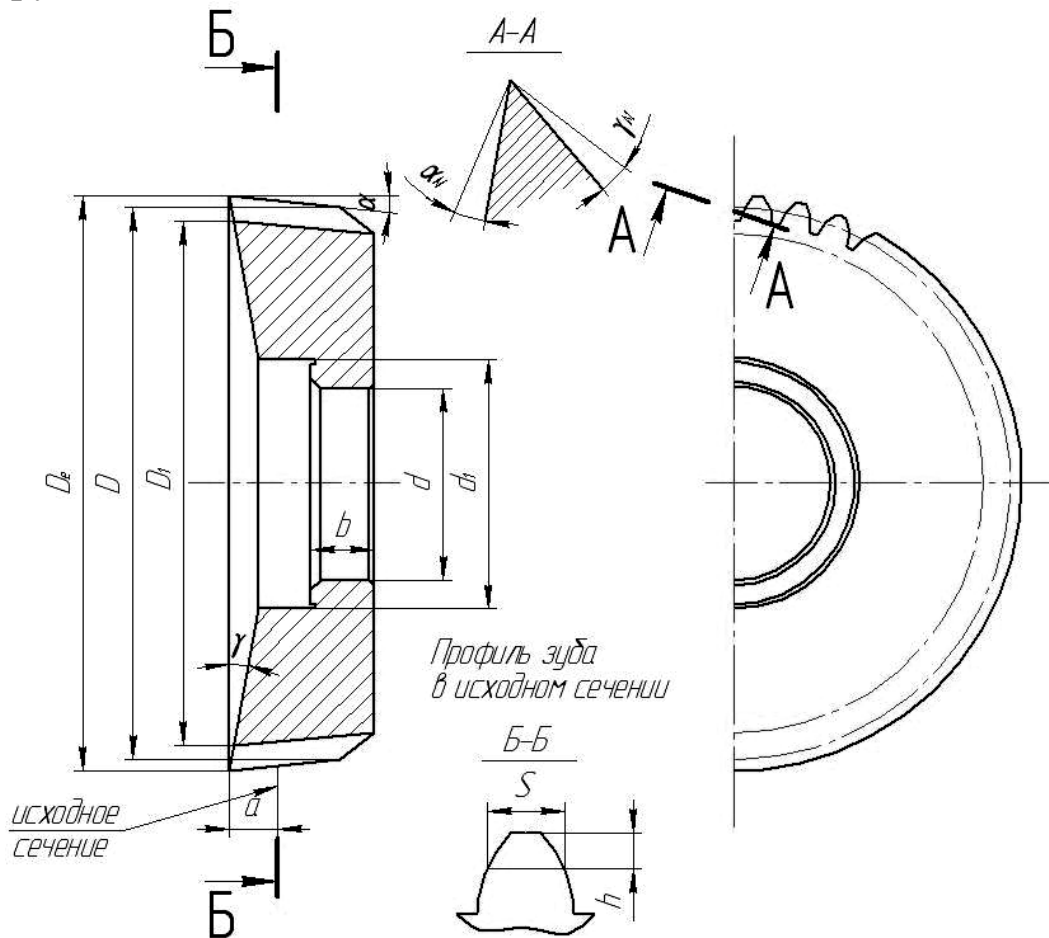


Рис. 2. Конструкция и геометрия долбяка

Конструктивные элементы долбяка:

- $D_e$  – наружный диаметр в плоскости передней поверхности;
- $D$  – делительный диаметр;
- $D_1$  – диаметр окружности впадин;
- $d$  – посадочный диаметр;
- $d_1$  – диаметр выточки;

- $H$  – высота долбяка;
- $b$  – ширина посадочного отверстия;
- $S$  – толщина зуба по дуге делительной окружности в исходном сечении;
- $h$  – высота головки зуба в исходном сечении;
- $a$  – исходное расстояние.

Геометрические параметры долбяка:

- $\gamma$  – передний угол;
- $\alpha$  – задний угол;
- $\gamma_N$  – передний угол в главной секущей плоскости;
- $\alpha_N$  – задний угол в главной секущей плоскости.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для долбяка, выданного преподавателем, выполнить следующие измерения конструктивных и геометрических параметров:

- $m$  – модуль (по маркировке);
- $z$  – число зубьев (подсчётом);
- $D_e$  – наружный диаметр в плоскости передней поверхности (штангенциркулем);
- $d$  – посадочный диаметр (штангенциркулем);
- $d_1$  – диаметр выточки (штангенциркулем);
- $H$  – высота долбяка (штангенциркулем);
- $b$  – ширина посадочного отверстия (штангенциркулем);
- $\gamma$  – передний угол (угломером);
- $\alpha$  – задний угол (угломером).

### 4. ОБОРУДОВАНИЕ

1. Комплект долбяков.
2. Набор измерительных инструментов и аксессуаров: штангенциркуль (микрометр), универсальный угломер.

### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначен зуборезный долбяк?
2. Типы зуборезных долбяков?
3. Какие классы точности изготовления зуборезных долбяков существуют?
4. Перечислите все конструктивные и геометрические параметры долбяка.

## **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

1. Подготовить отчёт по работе.
2. Простудировать контрольные вопросы и подготовиться к защите работы.
3. Используя список рекомендуемой литературы ознакомиться с конструкцией и геометрией других зуборезных инструментов.

## Лабораторная работа №8 «Изучение конструкции и характеристик шлифовальных инструментов»

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться идентифицировать и выбирать под заданные условия обработки характеристики шлифовальных инструментов.

### 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Как известно, под характеристикой шлифовального инструмента понимают ряд параметров, которые в совокупности отражают конструкцию и внутреннее строение инструмента, а также показывают область назначения и потенциальные возможности его применения. Характеристика инструмента отражается в его маркировке, т. е. в определенном наборе условных символов и цифр, которые непосредственно наносятся на нерабочей поверхности инструмента или приводятся в его сопроводительных документах. Например, характеристика абразивных шлифовальных кругов маркируется следующим образом:

ПП 200×20×76 14А 25 Н С2 7 К5 35м/с А 1 ЧАПО  
1            2            3    4    5    6    7    8    9    10 11 12,

где 1 – форма шлифовального круга (ПП – круг прямого профиля);

2 – 200×20×76 – размеры круга, мм (D×H×d, где D и d соответственно наружный диаметр и диаметр посадочного отверстия, а H – высота круга);

3 – марка абразивного материала (14А – нормальный электрокорунд);

4 – зернистость, т. е. средний номинальный размер шлифовальных зерен в данном инструменте, мкм  $\times 10$  (25 – зерна имеют средний размер 250 мкм);

5 – содержание основной фракции данной зернистости (Н – содержание основной фракции 45 %);

6 – твердость шлифовального круга в условных единицах (С2 – твердость средняя, вторая);

7 – структура шлифовального круга, показывает процентное содержание зерен в объеме инструмента (7 = 48 % зерен в объеме);

8 – тип связки и ее разновидность внутри данного класса (К5 – керамическая связка № 5);

9 – допустимая скорость работы круга, м/с;

10 – класс точности круга (А – высокий класс точности);

11 – класс неуравновешенности круга, показывает в условных единицах допустимую неуравновешенную массу круга в граммах (1 – первый класс неуравновешенности);

12 – марка изготовителя данного инструмента (ЧАПО – Челябинское абразивное производственное объединение).

Более подробно существующие разновидности параметров характеристики абразивных шлифовальных кругов и их условные обозначения представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ поз.	Наименование параметра характеристики	Условное обозначение параметра и его расшифровка
1	2	3
1.	Форма шлифовального круга (ГОСТ Р 52781-2007)	ПП – прямой профиль; 2П – двусторонний конический профиль; 3П – конический ПВ – плоский с выточкой; ПВК – плоский с конической выточкой; ПВД – плоский с двусторонней выточкой; К – кольцевой профиль; ЧЦ – чашечный цилиндрический; ЧК – чашечный конический; Т – тарельчатый.
2.	Размеры круга (ГОСТ 2424-75)	$D \times H \times d$ (расшифровка – см. ранее в примере)



3.	Марка абразивного материала	13А, 14А, 15А, 16А – нормальный электрокорунд; 22А, 23А, 24А, 25А – белый электрокорунд; 33А, 34А – хромистый электрокорунд; 37А – титанистый электрокорунд;
----	-----------------------------	---

Продолжение табл. 1

1	2	3
		38А – циркониевый электрокорунд; 43А, 44А, 45А – монокорунд; 91А, 92А, 93А, 94А – хромотитанистый электрокорунд
4.	Зернистость (ГОСТ Р 52381-2005)	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16 – шлифзерно (размер равен номеру зернистости $\times 10$ , мкм); 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 – шлифпорошки (размер – см. выше); М63, М50, М40, М28, М20, М14 – микропорошки (размер – номер зернистости $\times 1$ , мкм); М10, М7, М5 – тонкие микропорошки (размер аналогично предыдущему случаю).
5.	Содержание основной фракции данной зернистости (ГОСТ 3647-80)	В – 55÷60 % основной фракции зерен; П – 45÷55 % основной фракции зерен; Н – 40÷45 % основной фракции зерен; Д – 36÷41 % основной фракции зерен.
6.	Твердость шлифовального круга (ГОСТ Р 52587-2006)	ВМ – весьма мягкий (ВМ1, ВМ2); М – мягкий (М1, М2, М3); СМ – среднемягкий (СМ1, СМ2); СТ – среднетвердый (СТ1, СТ2, СТ3); Т – твердый (Т1, Т2); ВТ – весьма твердый; ЧТ – чрезвычайно твердый.
7.	Структура шлифовального круга	1–60 % зерен в объеме инструмента; 2–58 % зерен в объеме инструмента; 3–56 % зерен в объеме инструмента; 4–54 % зерен в объеме инструмента; 5–52 % зерен в объеме инструмента; 6–50 % зерен в объеме инструмента; 7–48 % зерен в объеме инструмента;

		8–46 % зерен в объеме инструмента; 9–44 % зерен в объеме инструмента; 10–42 % зерен в объеме инструмента; 11–40 % зерен в объеме инструмента; 12–38 % зерен в объеме инструмента; 1÷4 структуры именуются плотными, 5÷8 средними, 9÷12 открытыми.
--	--	---

Продолжение табл. 1

1	2	3
8.	Тип связки	К – керамическая (К0÷К10); МГ – магнезиальная; С – силикатная; Б – бакелитовая (Б, Б1÷Б4, БУ, Б156, БП2); ГФ – глифталева; ПФ – поливинилформалевая; В – вулканитовая (В, В1÷В5).
9.	Допустимая скорость вращения круга	В 1,5 раза меньше скорости проверки круга на разрыв.
10.	Класс точности круга (ГОСТ 2424-83)	АА – особо высокого качества; А – высокого качества; Б – нормального качества.
11.	Класс неуравновешенности круга (ГОСТ Р 58583-2019)	1 – соответствует классу точности АА; 2 – соответствует классу точности А; 3, 4 – соответствует классу точности Б.
12.	Марка завода-изготовителя	ЮАЗ – Юргинский абразивный завод; ПАЗ – Приволжский абразивный завод; ЗАК – Запорожский абразивный завод; ИАЗ – Иршавский абразивный завод; МЗШИ – Московский завод шлифовального инструмента; МАЗ – Московский абразивный завод; КАЗ – Косулинский абразивный завод.

Характеристика алмазных и эльборовых шлифовальных кругов (отличие от абразивных) условно обозначается следующим образом:

АПП 150×10×32×5 АСО 160/100 75 % Б1 ТЗАИ,

1                      2                      3                      4                      5                      6                      7,

где 1 – форма шлифовального круга;  
 2 – размеры круга и толщина алмазоносного слоя;  
 3 – марка зерна;  
 4 – зернистость;  
 5 – концентрация алмазов (или эльбора);  
 6 – тип связи;  
 7 – марка завода изготовителя.

Наиболее распространенные разновидности параметров характеристики алмазных и эльборовых шлифовальных кругов приведены в табл. 2.

Таблица 2

№	Наименование параметра характеристики	Условное обозначение, расшифровка и краткое описание
1	2	3
1.	Форма круга (ГОСТ 16187-70 ГОСТ ÷ ГОСТ Р 53923-2010)	АПП (ЛПП) – алмазный (эльборовый) прямого профиля; А1ПП – алмазный прямого профиля без корпуса; А2ПП – алмазный прямого профиля трехсторонний; АПВ – алмазный плоский с выточкой; АЧК – алмазный чашечный конический; АТ – алмазный тарельчатый; АОК – алмазный отрезной
2.	Размеры круга и алмазоносного слоя (ГОСТ 16167-70 ÷ ГОСТ Р 53923-2010)	$D \times H \times d \times S$ , где $D$ – наружный диаметр круга; $H$ – высота круга; $d$ – диаметр посадочного отверстия; $S$ – толщина алмазоносного (эльборового) слоя
3.	Марка зерен ГОСТ 9206-80	А – алмаз естественный; АС – алмаз синтетический (разновидности – АСО, АСВ, АСП, АСК, АСС); Л – эльбор (разновидности – ЛО, ЛП)
4.	Зернистость	Согласно ГОСТ 9206-80 зернистость алмазных и эльборовых шлифовальных кругов обозначают дробью, в которой числитель соответствует максимальному размеру зерен в данной фракции (в мкм), а знаменатель – минимальному размеру. ГОСТ предусматривает широкий диапазон

		зернистостей: 400/250, 250/160, 160/100, 100/63, 63/40; Узкий диапазон зернистостей: 630/500, 500/400, 400/315, 315/250, 250/200, 200/160, 160/125, 125/100, 100/80, 80/63, 63/50, 50/40, а также зернистости для микропорошков: 60/40, 40/28, 28/20, 20/14, 14/10, 10/7, 5/3, 3/2, 2/1, 1/0
--	--	--

Продолжение табл. 2

1	2	3
5.	Концентрация алмазов (или эльбора)	Круги делают с концентрацией алмазных зерен в единице объема алмазоносного слоя 50 %, 75 %, 100 %, 150 % (за 100%-ную концентрацию принято содержание 0,878 мг алмазных зерен в 1 мм <sup>3</sup> алмазоносного слоя)
6.	Тип связки	Б – бакелитовая (Б1÷Б4, Б8, Бр, Б156, БП2); К – керамическая (КЛ, К1, К5, К16); М – металлическая (М1, М1П, МО16, МО13, МО137, МС15); Р – каучуковая (Р1, Р3, Р9, Р14)
7.	Марка завода-изготовителя	ТЗАИ – Томилинский завод алмазного инструмента; МАЗ – Московский абразивный завод

Наряду с алмазно-абразивными кругами к шлифовальным инструментам относятся и находят широкое применение такие инструменты, как головки, бруски, сегменты, шкурки, ленты.

Шлифовальные головки предназначены преимущественно для обработки внутренних, труднодоступных и сложных по конфигурации поверхностей. Они имеют металлический стержень, служащий для крепления в патроне станка, на который приклеивается или напрессовывается собственно алмазная или абразивная головка. Характеристика головок маркируется в соответствии с ГОСТ 2447–82 или ГОСТ 17119–71 следующим образом:

AW	30×50	24A	25H	CT1	6	K5	A	35 м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9,

где 1 – форма шлифовальной головки (наиболее распространенные разновидности формы головок отражены в табл. 3);

2 – размеры головки  $D \times H$  (где  $D$  – диаметр головки,  $H$  – длина головки

3 – марка абразива (см. табл. 1, поз. 3);

4 – зернистость и содержание основной фракции (табл. 1, поз. 4 и 5);

5 – твердость головки (см. табл. 1, поз. 6);

6 – структура головки (см. табл. 1, поз. 7);

7 – тип связки (см. табл. 1, поз. 8);

8 – класс точности головки (см. табл. 1, поз. 10);

9 – допустимая скорость вращения головки.

Таблица 3

Разновидности форм шлифовальных головок

№	Обозначение	Наименование головок
1.	AW	Цилиндрические
2.	DW	Угловые
3.	EW	Конические с углом конуса 60°
4.	KW	Конические с закругленной вершиной
5.	F-2W	Шаровые

Шлифовальные бруски предназначены для:

- ручной обработки различных изделий, заточки столярного и хозяйственного инструмента;

- для суперфиниширования (брусок из микропорошка прижимается с постоянным усилием прижатия к заготовке, совершаются возвратно-поступательные движения бруска или заготовки и (или) вращения заготовки);

- для хонингования (бруски закрепляют в сборных инструментах – хонах, представляющих собой вал, на котором симметрично вдоль оси вращения закреплены бруски; их закрепление, а также прижатие с постоянным усилием в отверстия обрабатываемого изделия осуществляется пружинами).

Характеристика брусков маркируется по ГОСТ 33534-2015, например, так:

БП 20×25×100 63С 6Н С2 7 Б А  
1 2 3 4 5 6 7 8,

где 1 – форма бруска (расшифровка обозначений форм брусков приведена в табл. 4);

2 – размеры бруска ( $B \times H \times L$ , где  $B$  – ширина,  $H$  – высота,  $L$  – длина бруска, мм);

3 – марка абразива (см. табл. 1, поз. 3);

4 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 1, поз. 4 и 5);

5 – твердость бруска (см. табл. 1, поз. 6);

6 – структура бруска (см. табл. 1, поз. 7);

7 – тип связки (см. табл. 1, поз. 8);

8 – класс точности (см. табл. 1, поз. 10).

Таблица 4

## Разновидности форм шлифовальных брусков

№	Обозначение	Наименование брусков
1.	БП	Прямоугольные
2.	БКв	Квадратные
3.	БТ	Треугольные
4.	БКр	Круглые
5.	БПкр	Полукруглые

Шлифовальные сегменты предназначены для изготовления сборных инструментов, где они крепятся в специальном корпусе и образуют составную режущую поверхность. Сегменты маркируются по ГОСТ 33534-2015 следующим образом:

5С 60×20×200 14А 40Н С1 6 Б А  
1 2 3 4 5 6 7 8,

где 1 – форма сегмента (разновидности форм сегментов приведены в табл. 5);

2 – размеры сегмента  $B \times H \times L$ , мм;

3 – марка абразива;

4 – зернистость и содержание основной фракции;

5 – твердость;

6 – номер структуры;

7 – тип связки;

8 – класс точности.

Все указанные позиции (кроме поз. 1) расшифровывается, так же как и в предыдущих случаях (см. табл. 1).

Таблица 5

Разновидности шлифовальных сегментов

№	Обозначение	Наименование сегментов
1.	5С	Трапецевидные
2.	4С	Плоско-выпуклые
3.	3С	Выпукло-плоские
4.	2С	Вогнуто-выпуклые
5.	1С	Выпукло-вогнутые
6.	СП	Прямоугольные

Шлифовальные шкурки предназначены для ручной, а ленты для машинной обработки сложных криволинейных поверхностей с переменной кривизной образующих и возможным наличием произвольно расположенных выступов, впадин и пр.

Пример маркировки шкурки по ГОСТ 6456-82:

Шкурка 1Э 100×200 П2 15А 25Н М А,  
1 2 3 4 5 6 7,

где 1 – вид шкурки (неводостойкая шкурка с электростатическим способом нанесения зерен);

2 – размер шкурки  $B \times L$ , мм;

3 – вид основы шкурки (бумажная основа);

4 – марка абразива (см. табл. 1, поз. 3);

5 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 1, поз. 4 и 5);

6 – вид связки (менздровый клей);

7 – класс точности.

Пример обозначения ленты по ГОСТ 5009-82:

ЛБ 200×1000 15А 25Р А У2Г Б  
1 2 3 4 5 6 7,

где 1 – вид ленты (бесконечная);

- 2 – размеры ленты  $B \times L$ , мм;
- 3 – марка абразива (см. табл. 1, поз. 3);
- 4 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 1, поз. 4 и 5);
- 5 – класс точности шкурки, из которой сделана лента;
- 6 – вид основы ленты (саржевая основа марки У2Г);
- 7 – класс точности ленты.

### 3. ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПОД ЗАДАННЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАБОТКИ

При выборе шлифовальных инструментов под заданные условия и требуемый результат обработки принимают во внимание следующие основные рекомендации:

1. Разновидность шлифовальных инструментов, их форму и размеры выбирают в результате анализа чертежа обрабатываемой детали и ряда соответствующих инженерных и конструктивных соображений (см. предыдущий раздел).

2. Марка алмазно-абразивного материала выбирается на основе рекомендаций, представленных в табл. 6.

Таблица 6

Рекомендации по выбору алмазно-абразивного материала

№	Абразивный материал	Примечание
1	2	3
1.	Алмаз (А, АС)	Шлифование; заточка; доводка твердых сплавов; правка шлифкругов; обработка стекла, керамики, фарфора; заточка лезвий инструментов, обработка цветных металлов и сплавов
2.	Эльбор (ЛО, ЛП, ЛКВ)	Окончательная обработка высокоточных заготовок из инструментальных и труднообрабатываемых материалов
3.	Нормальный электрокорунд (10А÷19А)	Шлифование (черновое, обдирочное) стальных заготовок кругами на органических и неорганических связках
4.	Белый электрокорунд	Шлифование (окончательное) стальных закаленных заготовок на органических и



	(20A÷29A)	(преимущественно) неорганических связках
5.	Хромистый электрокорунд (32A, 33A, 34A)	Шлифование изделий из конструкционных и углеродистых сталей с повышенной производительностью на различных связках
6.	Титанистый электрокорунд (37A)	Скоростное шлифование стальных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках
7.	Циркониевый электрокорунд (38A)	Силовое, обдирочное шлифование стальных заготовок на бакелитовой связке при высоких скоростях и подачах
8.	Монокорунд (43A, 44A, 45A)	Шлифование и заточка труднообрабатываемых сталей и сплавов кругами на керамических связках
9.	Хромотитанистый электрокорунд (91A, 92A, 93A, 94A)	Электрокорунды 91A и 92A аналогичны применению белого электрокорунда, а 93A, 94A – нормального электрокорунда

Продолжение табл. 6

1	2	3
10.	Карбид кремния черный (52C, 53C, 54C)	Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов, твердых сплавов, гранита, мрамора шлифовальными инструментами, а также свободными абразивами
11.	Карбид кремния зеленый (62C, 63C, 64C)	Обработка титановых и твердых сплавов, чугуна, алюминия, меди, гранита, мрамора инструментами на всех связках и свободным абразивом

3. Зернистость выбирают, исходя из требований по шероховатости производительности шлифования. Чем меньшую шероховатость требуется получить на обрабатываемой поверхности, тем меньший номер зернистости следует выбирать. Производительность шлифования, наоборот, можно повысить, увеличив номер зернистости.

4. Содержание основной фракции данной зернистости является показателем качества абразива. При шлифовании с повышенными требованиями к качеству обработки

целесообразно выбирать инструменты с более высоким содержанием зерен основной фракции.

5. Структуру шлифовального инструмента выбирают, пользуясь следующим обобщенным правилом: чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче должна быть твердость инструмента и наоборот.

6. Структуру инструмента выбирают, имея в виду, что чем меньше номер структуры, тем большее число зерен приходится на единицу режущей поверхности инструмента. Поэтому закрытые структуры применяют при профильном шлифовании, где необходимо сохранять заданный профиль инструмента, средние – при круглом, бесцентровом и плоском шлифовании, а открытые – при заточке инструментов.

7. Тип связки влияет на допустимую температуру, скорость, производительность и качество шлифования, а также прочность инструмента. Основные рекомендации по выбору той или иной связки отражены в табл. 7.

Таблица 7

## Рекомендации по выбору связок

№	Связки	Рекомендуемая область применения
1	2	3
1.	Керамическая	Для большинства видов шлифования и разновидностей абразивных инструментов, за исключение обдирки, отрезки и прорезки узких пазов
2.	Магнезиальная и силикатная	Для инструментов, используемых в основном для шлифования труднообрабатываемых вязких сталей в тех случаях, когда требуется высокая самозатачиваемость инструмента без высоких требований к шероховатости обрабатываемой поверхности
3.	Металлическая	Используется преимущественно при производстве инструментов из алмазов и сверхтвердых материалов, т. к. высокая прочность и малая пористость этой связки не позволяют применять её с другими, менее твердыми абразивами вследствие того, что инструмент в этом случае не самозатачивается

4.	Бакелитовая	Применяют для изготовления инструмента, предназначенного по большей части для операций обдирочного шлифования, отрезки и прорезки пазов, т. е. там, где предполагается съём большого количества металла в единицу времени
5.	Вулканитовая	Подразделяется на эластичную и жесткую связки. Первая разновидность применяется в инструментах, используемых для полирования отделочных операций, вторая – для отрезки, прорезки пазов, бесцентрового шлифования (ведущие круги)
6.	Глифталева	По своим свойствам эта связка подобна бакелитовой, но превосходит её по некоторым показателям. Поэтому область её применения включает чистовое и отделочное шлифование
7.	Менздровый, казеиновый клей, жидкое стекло, синтетические смолы и лаки	Шлифовальные шкурки, ленты и полировальные диски

9. Класс точности и неуравновешенности инструментов выбирают исходя из требований по точности и качеству обработки. При этом следует помнить, что классы точности (АА, А, Б) имеют подробное описание в ГОСТ 2424-83, где, в частности, для каждого из них указаны предельные отклонения для наружного диаметра, высоты, диаметра посадочного отверстия, непараллельности, выпуклости и вогнутости торцевых поверхностей и пр. Следует также иметь в виду, что стоимость инструмента с более высоким классом точности всегда выше и её необоснованное завышение скажется на себестоимости обработки изделий.

Класс неуравновешенности непосредственно связан с классом точности инструментов (см. табл. 1) и поэтому определяется выбором последнего.

9. Скорость шлифования выбирают исходя из рекомендаций по выбору режимов резания для выбранной схемы шлифования и используемой разновидности шлифовального инструмента с

учетом марки обрабатываемого материала. При этом следует помнить, что выбранная скорость шлифования не должна превосходить допустимую скорость вращения взятого инструмента.

Рекомендуемые диапазоны скоростей шлифования для абразивных и алмазных кругов отражены соответственно в табл. 8 и табл. 9.

Таблица 8

**Рекомендуемые диапазоны скоростей шлифования  
для абразивных кругов (на керамической связке)**

Схема шлифования	Обрабатываемый материал	Скорость шлифования, м/с
Круглое наружное	Цементуемые стали	32–50
Внутреннее	Цементуемые стали	25–35
Круглое бесцентровое	Автоматные стали	32–45
Круглое бесцентровое	Конструкционные стали	27–45
Плоское, круглое, фасонное	Быстрорежущие стали	26–35
Внутреннее	Быстрорежущие стали	15–20
Круглое, фасонное, внутреннее	Чугун	30–50
Фасонное	Жаропрочные и титановые сплавы	35–50

Таблица 9

**Рекомендуемые диапазоны скоростей шлифования  
для алмазных кругов**

Схема шлифования	Обрабатываемый материал	Связка круга	Скорость шлифования, м/с
1	2	3	4
Плоское	Твердые сплавы	Металлическая	25–35
Плоское	Твердые сплавы	Органическая	25–30
Круглое наружное	Твердые сплавы	Металлическая	25–35
Круглое наружное	Твердые сплавы	Органическая	25–30
Внутреннее	Твердые сплавы	Металлическая	15–20
Внутреннее	Твердые сплавы	Органическая	20–25

Заточка режущих инструментов	Твердые сплавы	Металлическая	15–20
Заточка режущих инструментов	Твердые сплавы	Органическая	20–25
Плоское	Легированные стали	Органическая	30–40
Круглое	Легированные стали	Органическая	30–50
Заточка	Легированные стали	Органическая	30–40

Оценка эффективности шлифования может осуществляться по различным критериям. Основными из них являются коэффициент шлифования и качество обработки. Коэффициент шлифования – это отношение массы (или объема) снятого обрабатываемого материала к массе (или объему) израсходованного рабочего слоя абразивного инструмента. В некоторых случаях вместо коэффициента шлифования (или наряду с ним) пользуются критерием режущей способности абразивного инструмента (масса или объем снятого обрабатываемого материала за определенное время обработки) и расходом или стойкостью инструмента (соответственно масса или объем израсходованного абразива за некоторое время шлифования; время работы инструмента до полного износа).

Качество шлифования оценивают по шероховатости обрабатываемой поверхности, классу точности, а также по наличию прижогов и шлифовальных трещин

#### **4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Получить у преподавателя одну из разновидностей шлифовального инструмента (круг, брусок, сегмент, шкурку) и дать полную письменную расшифровку характеристики этого инструмента, пользуясь сведениями из раздела 2.

2. Под сформулированные преподавателем условия обработки подобрать соответствующую характеристику шлифовального инструмента, опираясь на данные, приведенные в разделе 3.

## **5. ОБОРУДОВАНИЕ**

Набор шлифовальных кругов, брусков, сегментов и лент с различными характеристиками.

## **6. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ**

Отчет должен содержать:

1. Эскиз шлифовального инструмента, выданного преподавателем, с поэтапной письменной расшифровкой его характеристики.
2. Подобранные компоненты характеристики шлифовального инструмента под условия обработки, сформулированные преподавателем.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислить составные компоненты характеристики абразивного шлифовального круга.
2. Назвать компоненты характеристики алмазного шлифовального круга.
3. Что входит в понятие характеристики брусков и сегментов?
4. Как обозначаются характеристика шлифовальных шкурок и лент?
5. Перечислить инженерные и конструктивные соображения, на основе которых осуществляется выбор шлифовального инструмента под заданные условия обработки.

## **8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

1. Используя список рекомендуемой литературы, ознакомится с характеристиками шлифовальных инструментов зарубежных фирм-производителей.

2. Подобрать характеристику импортного шлифовального инструмента под заданные условия обработки (по заданию преподавателя).

3. Подготовиться к защите практической работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротков, В. А. Процессы формообразования и инструменты : учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / В. А. Коротков ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева», Кафедра металлорежущих станков и инструментов. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 84 с. – URL:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90670&type=utchposob:common>  
(дата обращения: 14.05.2025).

2. Формообразование и режущие инструменты : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства» / А. Н. Овсеенко, Д. Н. Клауч, С. В. Кирсанов, Ю. В. Максимов. – Москва : Форум, 2010. – 416 с. – ISBN 9785911342814.

3. Барботько, А. И. Резание материалов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / А. И. Барботько, А. В. Масленников. – Старый Оскол : ТНТ, 2009. – 432 с. – ISBN 9785941782031.

4. Кожевников, Д. В. Металлорежущие инструменты: учебник / Д. В. Кожевников, С. В. Кирсанов. – Томск : Изд-во ТПУ, 2003. – 392 с.

5. Коротков, В. А. Повышение эксплуатационных возможностей отрезных шлифовальных кругов : монография / В. А. Коротков. – Москва : Машиностроение, 2009. – 178 с. – ISBN 9785942754884.

6. Чупина, Л. А. Проектирование технологических операций металлообработки : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Л. А. Чупина, А. И.



Пульбере, А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 636 с. – ISBN 9785941782277.

7. Железнов, Г. С. Процессы механической и физико-химической обработки материалов: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Г. С. Железнов, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – 456 с. – ISBN 9785941782536.

8. Самойлова, Л. Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум : учебное пособие / Л. Н. Самойлова, Г. Ю. Юрьева, А. В. Гирн. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 156 с. – ISBN 978-5-8114-1112-2. – URL: <https://e.lanbook.com/book/209933> (дата обращения: 21.04.2025).

9. Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 304 с. – ISBN 978-5-8114-1421-5. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 21.04.2025)

10. Аверьянов, О. И. Технология фрезерования изделий машиностроения: учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / О. И. Аверьянов, В. В. Клепиков. – Москва : Форум, 2008. – 432 с. – ISBN 9785911342043.

11. Шадуня, В. Л. Современные методы обработки материалов в машиностроении: учебное пособие для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей вузов / В. Л. Шадуня. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 314 с. – ISBN 9856591481.

12. Петрушин, С. И. Основы формообразования резанием лезвийными инструментами : учебное пособие / С. И. Петрушин. – Томск : Изд-во НТЛ, 2004. – 203 с. : ил. – ISBN 5-89508-213-3.

13. Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. – Москва : Машиностроение, 2002. – 344 с.

14. Грановский, Г. И. Резание металлов : учебник для машиностроительных и приборостроительных специальностей вузов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – Москва : Высшая школа, 2003. – 304 с.

15. Васин, С. А. Резание материалов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании : учебник для вузов / С. А. Васин, А. С. Верещака, В. С. Кушнер. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 447 с. : ил. – ISBN 5-7038-1823-0.

16. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства : учебник для вузов / В. А. Гречишников, А. Р. Маслов, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. – Москва : Станкин, 2000. – 204 с. – (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств). – ISBN 5702800710.

17. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1 / под редакцией А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2003. – 912 с. : ил.

18. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2 / под редакцией А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2003. – 944 с. : ил.

19. Абразивные материалы и инструменты : каталог / Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт абразивов и шлифования (ВНИИАШ) ; под редакцией В. Н. Тыркова. – Москва : ВНИИТЭМР, 1986. – 358 с. : ил.

20. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / Ю. М. Ковальчук, В. А. Букин, Б. А. Глаговский [и др.] ; под общей редакцией Д. М. Ковальчука. – Москва : Машиностроение, 1984. – 288 с.

21. Абразивная и алмазная обработка материалов : справочник / под редакцией А. Н. Резникова. – Москва : Машиностроение, 1977. – 391 с.