

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-36 01 04  
«Оборудование и технологии высокоэффективных процессов  
обработки материалов»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2021

УДК 621.9.02  
ББК 34.59  
О23

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«23» февраля 2021 г., протокол № 10

Составитель ст. преподаватель А. Э. Липский

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов».

Учебно-методическое издание

## ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 38 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2021

## Содержание

Меры безопасности при проведении лабораторных работ.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Исследование и выбор конструкций токарных резцов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин для конкретных условий обработки .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Изучение конструктивных и геометрических параметров протяжек .....	13
3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструктивных и геометрических параметров фрез .....	18
4 Лабораторная работа № 4. Изучение конструктивных и геометрических параметров инструментов для обработки отверстий .....	22
5 Лабораторная работа № 5. Изучение параметров абразивного инструмента .....	29
6 Лабораторная работа № 6. Изучение конструктивных и геометрических параметров резьбообразующих инструментов .....	32
7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструктивных и геометрических параметров зуборезных инструментов .....	37
Список литературы .....	42

## **Меры безопасности при проведении лабораторных работ**

- 1 На рабочем месте должно находиться все только необходимое для работы на данном станке. Все лишние предметы необходимо убрать.
- 2 Перед пуском станка необходимо опробовать работу механизмов станка вручную. При наличии обнаруженных дефектов станок не включать и принять меры по устранению неисправностей.
- 3 Обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны быть надежно закреплены.
- 4 При работе на сверлильных, фрезерных и других станках держать заготовку руками категорически запрещается.
- 5 Необходимо проверить исправность предохранительных ограждений, имеющихся на станке. Ограждения должны быть надежно закреплены.
- 6 Категорически запрещается снимать ограждения во время работы станка.
- 7 Проверить закрепления кулачков в патроне; нельзя допускать максимального расхождения кулачков в патроне.
- 8 Проверить обязательно, не оставлен ли ключ в патроне.
- 9 При работе на токарных станках не разрешается стоять против патрона, а при работе на шлифовальных станках – против шлифовального круга.
- 10 Трогать руками вращающиеся инструменты и изделия запрещается.
- 11 Перед началом работы на шлифовальных станках необходимо проверить шлифовальный круг (отсутствие или наличие трещин).
- 12 На заточных и шлифовальных станках без предохранительных кожухов работать категорически запрещается.
- 13 При работе на заточных станках обязательно пользоваться предохранительными очками.
- 14 Измерять деталь во время работы станка не разрешается.
- 15 Нельзя удалять стружку руками; следует пользоваться крючком, скребком.
- 16 Перед началом работы необходимо убрать волосы (под головной убор), застегнуть костюм и обшлага рукавов халата.
- 17 Перед началом работы убедиться в наличии заземления и надежности крепления шины к станку.
- 18 При работе на фрезерных и зубофрезерных станках запрещается вводить руки в зону движения режущего инструмента.
- 19 Категорически запрещается пуск станка без разрешения преподавателя или лаборанта.

# **1 Лабораторная работа № 1. Исследование и выбор конструкций токарных резцов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин для конкретных условий обработки**

*Цель работы:* изучение конструкций сборных токарных резцов, привитие навыков самостоятельного проектирования сборного режущего инструмента и выбора конструкции рабочей части резца в зависимости от конкретных условий обработки.

## ***Перечень используемого оборудования***

- 1 Объекты исследования – комплекты сборных токарных резцов, оснащенных круглыми и многогранными пластинками с механическим креплением.
- 2 Образец детали с разновидностями обтачиваемых поверхностей.
- 3 Набор слесарного инструмента для разборки-сборки резцов.
- 4 Настольный угломер для контроля углов резца в плане, штангенциркуль.

## ***Порядок выполнения работы***

1 Студент получает задание на проектирование конструкции сборного инструмента в зависимости от условий обработки по варианту из таблицы 1.1. Вариант задания соответствует порядковому номеру студента в журнале группы. Характер обрабатываемой поверхности из графы 2 задания поясняется рисунком 1.1. В графе 3 указан максимальный угол возможного заплечика из рисунка 1.2, а в графе 4 предложен вид обработки по рисунку 1.2.

2 В зависимости от характера обрабатываемой поверхности (по рисунку 1.1) вычерчивается операционный эскиз. В операционном эскизе показываются только те поверхности, которые подлежат обработке.

3 В зависимости от обрабатываемой поверхности максимально возможного угла заплечика по рисунку 1.2 выбирается державка.

4 Для выбранной державки выбирается форма многогранной неперетачиваемой пластины.

5 В зависимости от вида державок, вида обработки и поворотных пластин выбирается система крепления из рисунка 1.6.

6 Выполняются эскизный чертеж рабочей части резца и схемы крепления пластины (рисунок 1.5).

7 Зашифровываются тип пластины и резец в системе ISO. Ключ к расшифровке обозначения пластин и державок в системе ISO дан на рисунках 1.3 и 1.4.

8 Обосновывается выбранная конструкция сборного резца.

9 Зашифровываются по натурным образцам, выданным студентам, резцы и типы пластин в системе ISO.

10 Выдается эскизный чертеж резца и операционный эскиз поверхности деталей, которые можно обработать данным резцом.

11 Указываются вид обработки и система крепления пластин.

Таблица 1.1 – Варианты заданий к лабораторной работе

Номер варианта	Характер обрабатываемой поверхности (рисунок 1.1)	Угол возможного заплечика (рисунок 1.2)	Вид обработки
1	1; 2; 3	30	Черновая обработка
2	1; 4	90	Чистовая обработка
3	5; 4	60	Грубое точение по копиру
4	1; 2	95	Чистовое точение по копиру
5	3; 2	60	Чистовая обработка
6	1; 8	90	Грубое точение по копиру
7	3; 6	45	Черновая обработка
8	4; 8	–	Черновая обработка
9	8; 5	30	Грубое точение по копиру
10	6; 3	15	Чистовое точение по копиру
11	7; 1	90	Черновая обработка
12	7; 5	45	Грубое точение по копиру
13	7; 6	60	Чистовое точение по копиру
14	2; 8	25	Чистовая обработка
15	1; 4	90	Черновая обработка
16	5; 1	45	Грубое точение по копиру
17	2; 1	93	Чистовая обработка
18	3; 2	25	Чистовое точение по копиру
19	8; 1	90	Черновая обработка
20	3; 5	45	Чистовая обработка
21	4; 3	–	Черновая обработка
22	5; 7	60	Чистовое точение по копиру
23	6; 2	15	Грубое точение по копиру
24	7; 1	45	Черновая обработка
25	7; 1	75	Чистовая обработка
26	7; 6	15	Грубое точение по копиру
27	3; 4; 5	15	Чистовое точение по копиру
28	3; 4	30	Черновая обработка
29	3; 2; 1	25	Чистовая обработка

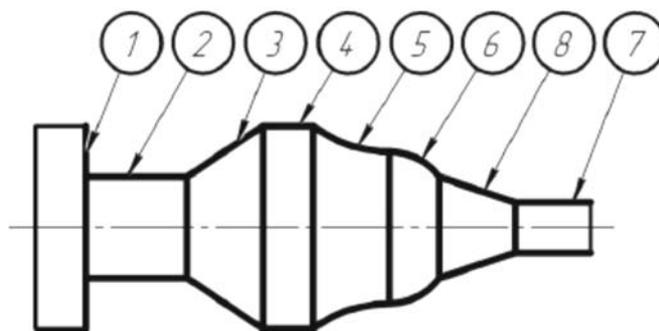


Рисунок 1.1 – Характер обрабатываемой поверхности

Условия и характер обработки	Форма рабочей части																		
Главный угол в плане $\phi$ , град	—	—	95	93	93	90	90	90	90	75	75	75	60	45	45	45	45	75	90
Типовое обозначение по ISO	PRGN	PRGN	PCLN	PDJN	PTJN	PTGN	PTGN	PTGN	PTGN	PSBN	PCBN	PTEN	PTDN	PSDN	PSSN	PSSN	PSKN	PTFN	
Продольное точение	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
Угол заплечика $\alpha$ , град	—	—	95	93	93	90	90	90	90	75	75	75	60	45	45	45	—	—	—
Поперечная обработка «На себя»	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Копирование «На себя»																			
$\alpha$																			
75	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
45	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
$\alpha$																			
75	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	+	+	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Поперечная обточка «От себя»	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Угол заплечика $\alpha$ , град			5																

Рисунок 1.2 – Выбор державок резцов для обработки наружных поверхностей

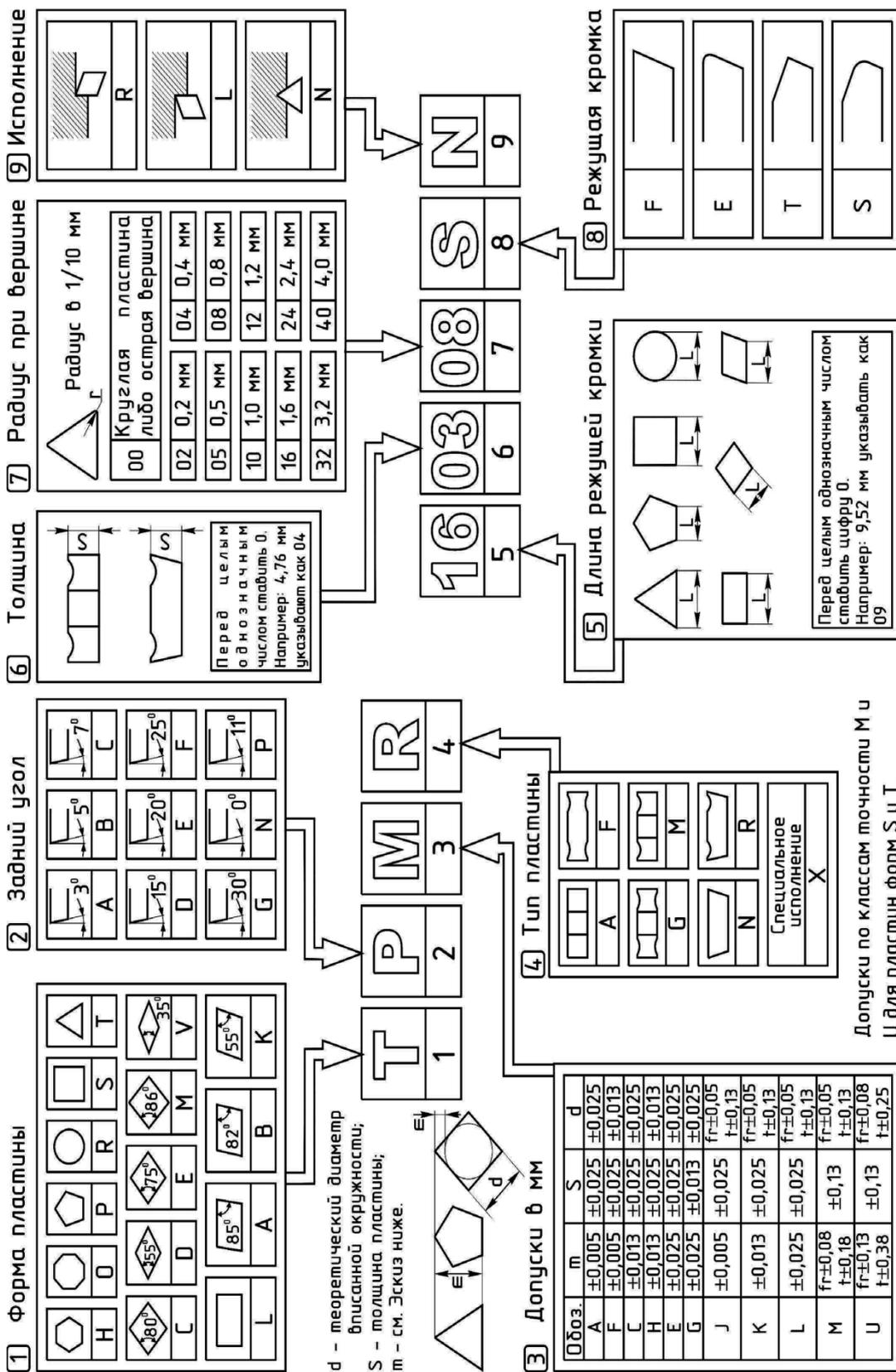


Рисунок 1.3 – Кодировка многогранных непараллельных пластин в системе ISO 1832:1999

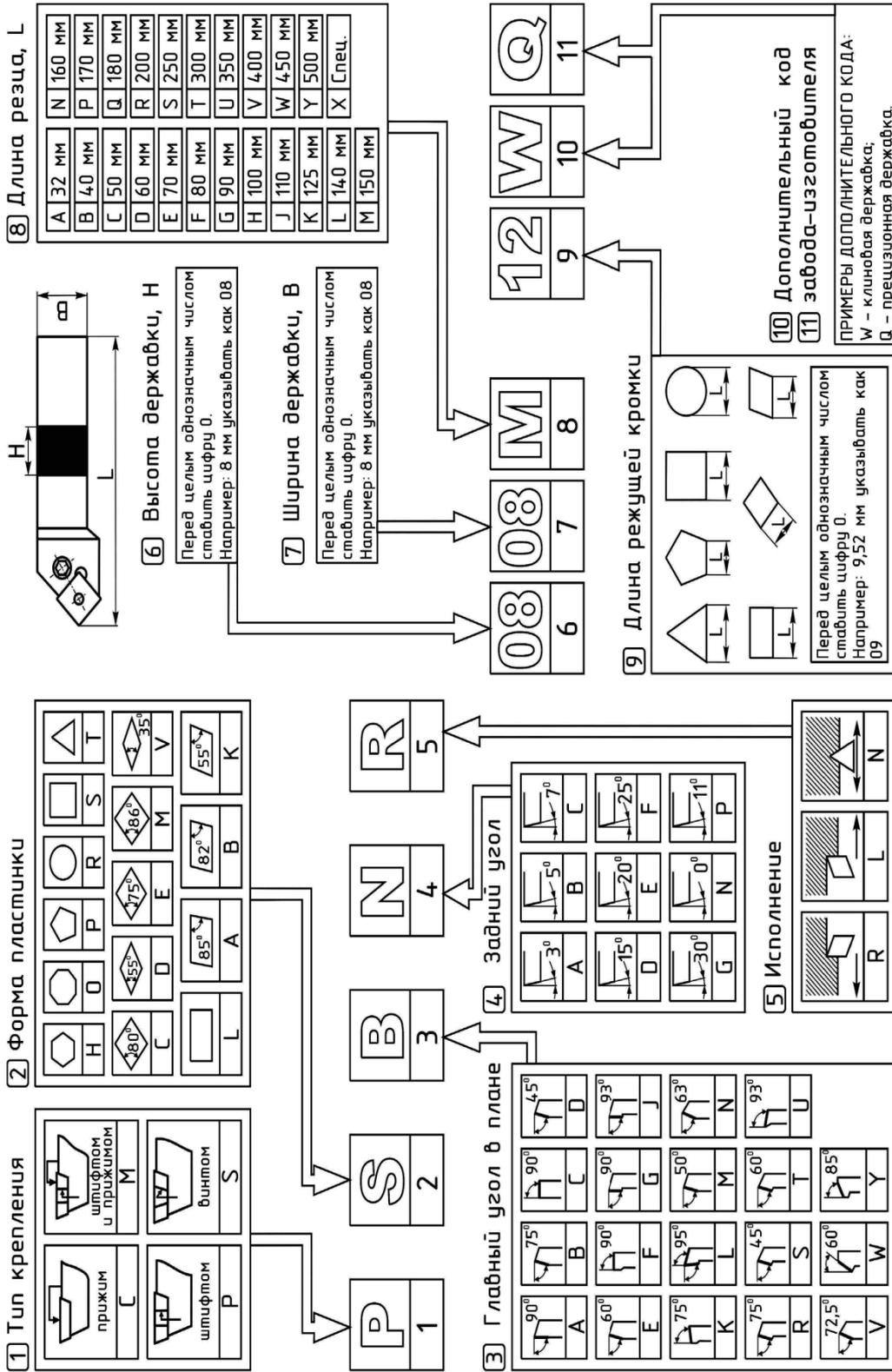


Рисунок 1.4 – Кодировка державок резцов в системе ISO 5608:1995

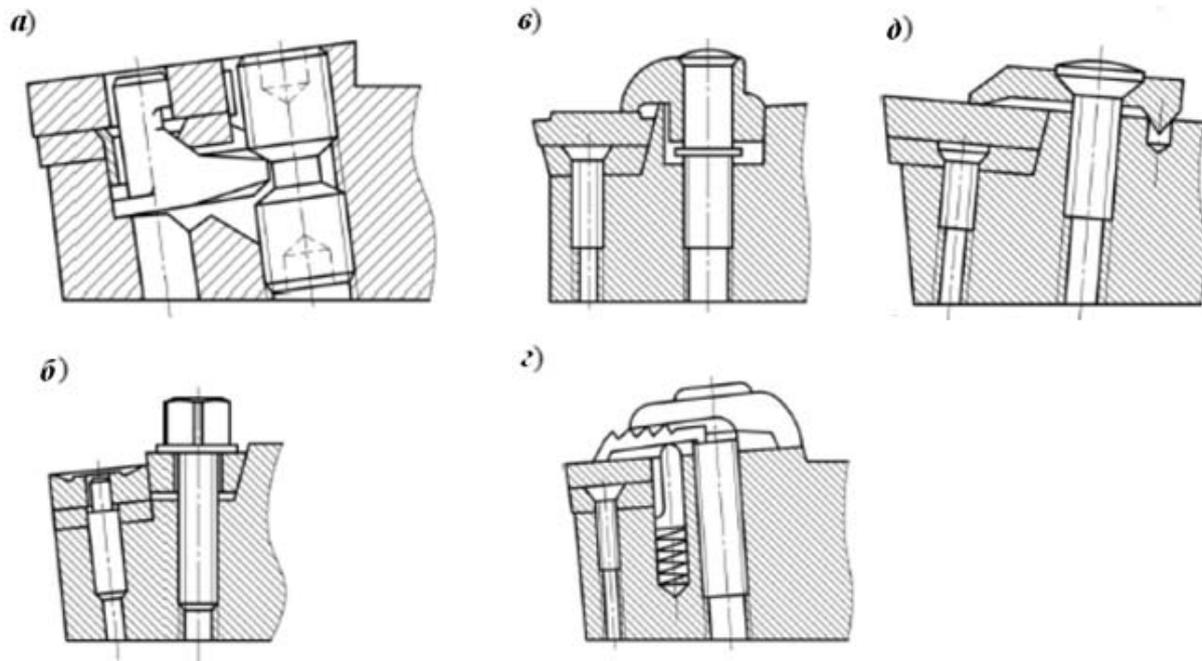


Рисунок 1.5 – Схемы крепления режущих пластин

Вид обработки	Система державок				
Черновая обработка	+	+	-	(+)	-
Чистовая обработка	+	+	+	(+)	-
Черновая расточка	+	+	(+)	-	(+)
Чистовая расточка	(+)	+	+	-	+
Черновое точение по копиру	+	+	-	-	(+)
Чистовое точение по копиру	+	+	-	(+)	+
Схемы крепления (рисунок 1.5)	<b><i>a</i></b>	<b><i>б</i></b>	<b><i>в</i></b>	<b><i>г</i></b>	<b><i>д</i></b>
Достоинства	Простота конструкции, свободный сход стружки, стабильность рычажного зажима, широкий диапазон применения		Простота конструкции, хороший сход стружки, малые размеры державки	Простота конструкции, наличие стружколомателя	Стабильный зажим независимо от направления подачи

Рисунок 1.6 – Выбор механизма крепления пластинки в зависимости от вида обработки

## Содержание отчета

1 Задание (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Задание

Номер варианта	Характер обрабатываемой поверхности	Угол возможного заплечика	Вид обработки
29	3, 2, 1	25	Чистовая обработка

2 Эскиз детали (рисунок 1.7).

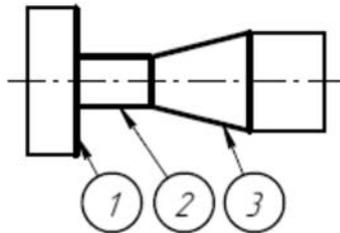


Рисунок 1.7 – Эскиз детали

3 Обозначение державки – РТJN.

4 Система крепления – 2.

5 Механизм крепления (рисунок 1.8).

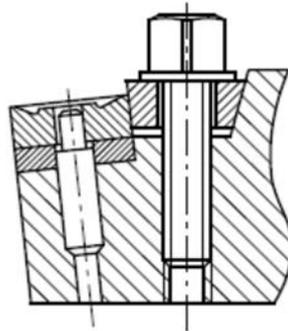


Рисунок 1.8 – Механизм крепления

6 Эскиз рабочей части резца (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Рабочая часть резца

7 Типовое обозначение поворотной пластины в ISO (рисунок 1.10).

<b>T</b>	<b>N</b>	<b>H</b>	<b>F</b>	<b>10</b>	<b>06</b>	<b>04</b>	<b>F</b>	<b>R</b>
----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

Рисунок 1.10 – Типовое обозначение поворотной пластины

8 Типовое обозначение державки в ISO (рисунок 1.11).

<b>P</b>	<b>T</b>	<b>J</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>H</b>	<b>10</b>
----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	----------	-----------

Рисунок 1.11 – Типовое обозначение державки

9 По заданию резец предназначен для чистовой обточки последовательно трех поверхностей с величиной заплечика 25 град.

Так как угол заплечика мал и в конечном переходе обтачивается торец 1, то целесообразно выбрать поворотную пластину типа Т. Крепление такой пластины не вызывает особых трудностей и значительно упрощает конструкцию узла крепления ее и державки.

Поскольку поворотная пластина предназначена для чистовой обточки, то допуск на ее размеры берется минимальным, задний угол берут из расчета обеспечения также минимальной величины размерного износа и требуемой шероховатости. Для решения долговечности пластина выбрана с двухсторонними фасками, что допускает ее многократное использование.

Так как припуск (глубина резания) при чистовой обточке незначителен, то и длина режущей кромки мала. Наличие фасок с двух сторон пластины вызывает увеличение ее толщины в сравнении с пластиной одностороннего резания. Радиус закругления выбран исходя из требований чертежа (эскиза) на обрабатываемую деталь.

Выбранный вид режущей кромки обеспечивает высокую точность обработки. Державка выбрана по варианту задания как более предпочтительная (см. таблицу 1.1). Главный угол в плане принят равным 93 град, т. к. по заданию в последнем переходе надо подрезать торец 1.

Габаритные размеры державки приняты минимальными, т. к. силы резания при чистовой обточке невелики.

10 Типовое обозначение державки натурального резца по ISO (рисунок 1.12).

<b>P</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>M</b>	<b>12</b>
----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	----------	-----------

Рисунок 1.12 – Типовое обозначение державки натурального резца

11 Типовое обозначение пластины натурального резца по ISO (рисунок 1.13).

S	N	M	P	16	04	08	S	N
---	---	---	---	----	----	----	---	---

Рисунок 1.13 – Типовое обозначение пластины натурального резца

12 Эскизный чертеж натурального резца.

13 Операционный эскиз детали, поверхности которой можно обтачивать данным резцом (рисунок 1.14).

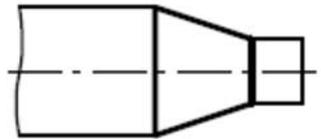


Рисунок 1.14 – Операционный эскиз детали

14 Вид обработки – 1 или 8.

15 Система крепления пластины – 2.

### ***Контрольные вопросы***

1 Укажите, какие устройства используются для ломания стружки при обработке заготовок из вязких материалов резцами, оснащенными МНП.

2 Перечислите преимущества резцов, оснащенных многогранными пластинами, по сравнению с резцами с напайными пластинами из твердого сплава.

3 Перечислите схемы крепления многогранных пластин на корпусе резца и области их применения.

4 Укажите, какие технологические факторы влияют на выбор формы многогранной пластины резца.

## **2 Лабораторная работа № 2. Изучение конструктивных и геометрических параметров протяжек**

***Цель работы:*** ознакомление с разными системами резания и типами протяжек, изучение конструктивных и геометрических параметров, заточки и контроля для обработки отверстий.

### ***Перечень используемого оборудования***

1 Заточной станок модели ЗЕ642.

2 Натурные образцы различных типов протяжек.

3 Угломер Бабченицера, штангенциркуль.

## Основные положения

Протяжки являются сложнорежущими многолезвийными инструментами высокой производительности, они применяются при обработке сквозных отверстий различной формы и наружных поверхностей, к которым предъявляются высокие требования по шероховатости и точности обработки.

Важной особенностью процесса протягивания является отсутствие движения подачи за счет превышения ширины или высоты последующего зуба к ширине или высоте предыдущего.

В зависимости от способа приложения силы к протяжкам, которая необходима для осуществления процесса резания, их можно разделить на протяжки и прошивки.

У протяжки тяговое усилие станка прикладывается к хвостовой части, а у прошивки – к заднему торцу. Соответственно, тяговым усилием станка протяжка протаскивается в обрабатываемое отверстие, а прошивка продавливается через него.

В зависимости от вида протягивания отверстие протяжки для обработки может быть для цилиндрических отверстий протяжки для протягивания многогранных отверстий – шпоночные и шлицевые.

Каждая протяжка и прошивка для обработки отверстий состоит из следующих основных частей (рисунок 2.1):  $L_1$  – хвостовая часть;  $L_2$  – шейка;  $L_3$  – переходный конус;  $L_4$  – передняя направляющая;  $L_5$  – режущая часть;  $L_6$  – калибрующая часть;  $L_7$  – задняя направляющая;  $L_8$  – опорная цапфа.

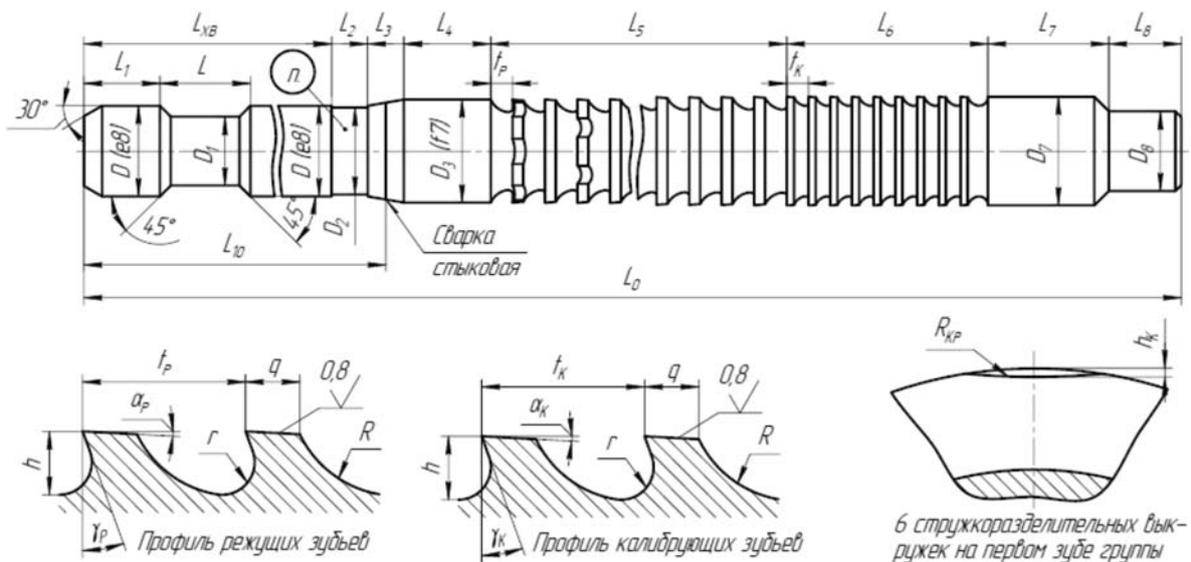


Рисунок 2.1 – Протяжка для обработки цилиндрического отверстия

*Заточка круглых протяжек и их контроль.* По мере износа протяжек переточка их в основном производится по передней поверхности конической поверхностью круга тарельчатой формы (рисунок 2.2). Так как передняя поверхность круглых протяжек является конической, то при положительном угле  $\gamma$

необходимо, чтобы в сечении плоскостью, перпендикулярной образующей конуса, радиус конической поверхности круга был меньше радиуса кривизны конической передней поверхности протяжки. Это условие обеспечивается подбором соответствующего диаметра круга и угла его установки относительно оси протяжки.

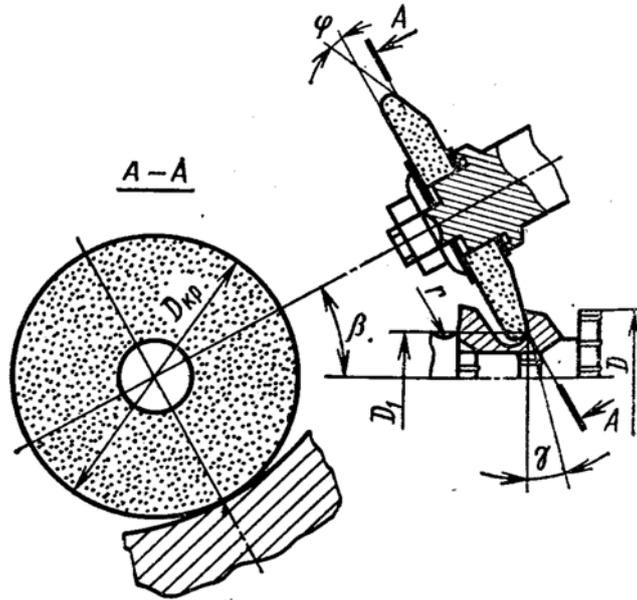


Рисунок 2.2 – Схема заточки зуба круглой протяжки по передней поверхности

Диаметр шлифовального круга определяется согласно формуле

$$D_{KP} = \frac{D_1 \cdot \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma}, \quad (2.1)$$

где  $D_1$  – диаметр окружности, на которой расположена точка сопряжения прямой образующей передней поверхности с радиусной впадиной зуба,  $D_1 = 0,85 \cdot D_{np}$ ;

$\beta$  – угол установки шпинделя заточного станка.

На основании формулы (2.2) составлены таблицы, которые позволяют определить наибольшие диаметры шлифовальных кругов в зависимости от угла установки шпинделя заточного станка, диаметра затачиваемой протяжки и величины переднего угла.

После выбора  $D_{KP}$  необходимо произвести правку круга алмазно-металлическим карандашом.

Для заточек протяжек из быстрорежущих и инструментальных сталей применяются круги из электрокорунда белого 24А и 25А зернистостью 16...25, твердостью СМ1, СМ2 на керамической связке.

Окружная скорость круга применяется в пределах 18...25 м/с при окружной скорости протяжки 10...15 м/мин.

Разовая подача на глубину шлифования не должна превышать 0,03...0,05 мм.

После снятия всего припуска необходимо дать время на выхаживание до исчезновения искры в зоне заточки.

Контроль за полнотой затупленного слоя осуществляется визуально. Передний угол измеряется угломером Бабчициера (рисунок 2.3).

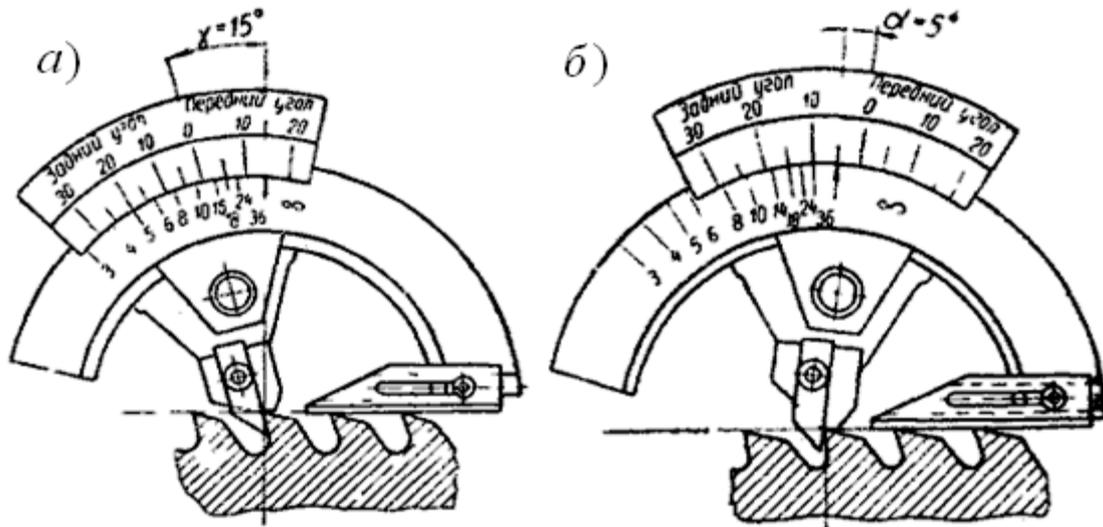


Рисунок 2.3 – Измерение геометрических параметров протяжки

Шероховатость обработки контролируется с помощью эталонных образцов.

*Измерение протяжки.* Диаметр хвостовика  $D_1$  (равен диаметру первого зуба) у круглой протяжки или высота  $H$  шпоночной протяжки измеряются штангенциркулем, а затем проверяется соответствие остальных измеренных параметров хвостовиков.

Диаметр шейки  $D_2$  у круглой протяжки измеряется штангенциркулем.

После измерения диаметра передней направляющей  $D_4$ , задней направляющей  $D_7$  и опорной цапфы микрометром по соответствующим таблицам справочников необходимо назначить указанные выше отклонения соответствующих посадок.

Высота и ширина передней направляющей шпоночной протяжки измеряются микрометром с отклонением посадки  $f7$ .

Для определения величины подъема на зуб необходимо замерить и определить разность по диаметру или высоте трех зубьев соответственно круглой или шпоночной протяжек. После этого определяется величина подъема на зуб  $S_z$ :

$$S_z = \frac{d_2 - d_1}{2} = H_2 - H_1. \quad (2.2)$$

Шаг  $t$  и высота стружечной канавки  $h$  измеряются штангенциркулем.

Остальные параметры стружечных канавок определяются по формулам:

$$q = (0,3 \dots 0,35) \cdot t; \quad (2.3)$$

$$r = (0,5...0,55) \cdot h ; \quad (2.4)$$

$$R = (0,65...0,8) \cdot t . \quad (2.5)$$

Расчетные значения  $q$ ,  $r$ ,  $R$  округляются до чисел, кратных 0,5 мм.

Число режущих и калибрующих зубьев определяется непосредственным расчетом после определения микрометром первого калибрующего зуба. Линейные размеры определенных элементов протяжки (см. рисунок 2.1), измеряются масштабной линейкой, а затем определяется общая длина протяжки  $L$ . Допуск на общую длину протяжки – 2 мм.

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Ознакомиться с натурными образцами протяжек и мерительным инструментом.
- 2 Произвести измерения конструктивных и геометрических параметров протяжек (по заданию преподавателя) и выполнить чертеж протяжки.
- 3 Изучить маркировку образцов протяжек.
- 4 Ознакомиться с заточкой протяжек и их контролем.
- 5 Произвести расчет диаметра круга для заточки протяжки по переднему углу, дать эскиз.

### ***Содержание отчета***

- 1 Описание назначения и области применения протяжек, их типов и схем резания.
- 2 Эскиз протяжки с указанными конструктивными и геометрическими параметрами.
- 3 Расчет диаметра шлифовального круга и эскиз заточки зуба протяжки по переднему углу  $\gamma$  (по варианту задания из таблицы 2.1).

Таблица 2.1 – Варианты заданий по заточке переднего угла

Номер варианта	$D_{пр}$ , мм	Угол $\beta$ , град	Угол $\gamma$ , град
1	10	10	5
2	15	15	6
3	20	20	8
4	25	25	10
5	30	30	12
6	32	35	14
7	36	40	15
8	40	45	16
9	48	50	18
10	28	30	28

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Области применения протяжек.
- 2 Конструктивные и геометрические параметры протяжек.
- 3 Назовите схемы резания протяжек.
- 4 Перечислите типы протяжек.

## **3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструктивных и геометрических параметров фрез**

***Цель работы:*** закрепление теоретических знаний о назначении, применении и конструкции фрез, а также приобретение навыков их эскизирования.

### ***Перечень используемого оборудования***

- 1 Режущие инструменты: фреза цилиндрическая, торцовая, концевая, дисковая, шпоночная, фасонная.
- 2 Измерительные инструменты и приборы: штангенциркуль, угломер 2УРИ для измерения углов заточки многолезвийных инструментов.

### ***Основные положения***

Фреза – многолезвийный инструмент, представляющий собой тело вращения, на образующей поверхности которого или на торце и образующей имеются режущие зубья.

Главное движение при фрезеровании – вращательное, осуществляется фрезой, движение подачи может иметь как заготовка, так и инструмент. Ни один инструмент не обладает таким разнообразием типов, форм и назначения, как фреза.

Некоторые типы и основные размеры фрез представлены в таблице 3.1.

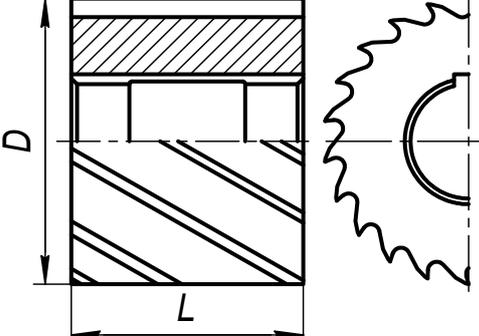
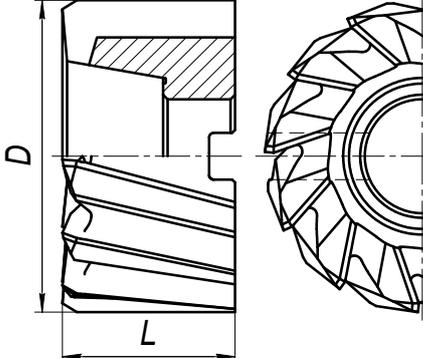
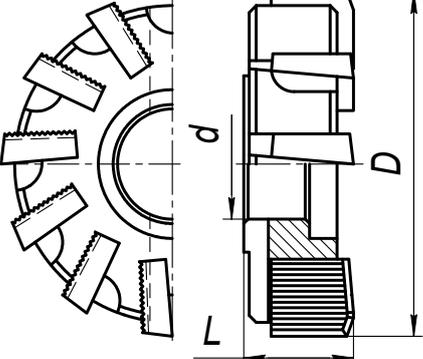
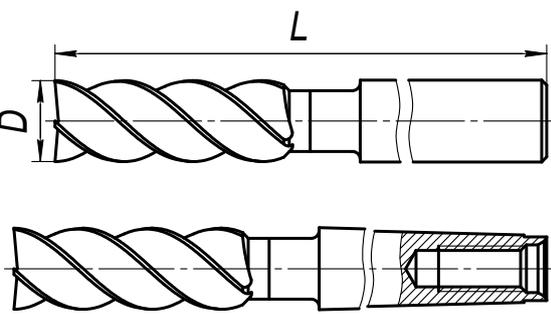
К конструктивным элементам относятся наружный диаметр фрезы, посадочные размеры (диаметр отверстия, шпоночные канавки, выточки), число зубьев, форма зубьев, стружколоматели и т. д.

Диаметр фрезы оказывает влияние как на процесс фрезерования, так и на выбор конструктивных элементов. С увеличением диаметра фрезы уменьшаются толщина среза и нагрузка на каждое режущее лезвие, улучшается отвод тепла, а следовательно, увеличивается стойкость. В большинстве случаев основными элементами, определяющими диаметр фрезы, являются диаметр посадочного отверстия и глубина фрезерования.

С целью уменьшения номенклатуры фрез размерный ряд диаметров стандартизирован и состоит из следующих значений: для торцовых и цилиндрических фрез – 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200,

250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000 мм; для прорезных и отрезных фрез – 4, 6, 10, 16, 25, 40, 62, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 мм.

Таблица 3.1 – Типы и основные размеры фрез

Эскиз фрезы	Тип и основные размеры фрез
	<p>Цилиндрические фрезы:  с мелким зубом <math>D = 40 \dots 100</math> мм;  <math>L = 40 \dots 160</math> мм; <math>Z = 10 \dots 18</math>  с крупным зубом <math>D = 50 \dots 100</math> мм;  <math>L = 50 \dots 160</math> мм; <math>Z = 6 \dots 12</math></p>
	<p>Насадные торцовые фрезы:  с мелким зубом <math>D = 40 \dots 100</math> мм;  <math>L = 32 \dots 50</math> мм; <math>Z = 10 \dots 18</math>  с крупным зубом <math>D = 63 \dots 100</math> мм;  <math>L = 40 \dots 150</math> мм; <math>Z = 8 \dots 12</math></p>
	<p>Насадные торцовые фрезы со вставными ножами из быстрорежущей стали:  <math>D = 100 \dots 250</math> мм; <math>L = 40 \dots 49</math> мм;  <math>d = 32 \dots 50</math> мм; <math>Z = 10 \dots 26</math></p>
	<p>Концевые фрезы:  с цилиндрическим хвостовиком  <math>D = 3 \dots 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20</math> мм; <math>L = 36 \dots 100</math> мм;  <math>Z = 4 \dots 6</math> (с нормальным зубом); <math>Z = 3 \dots 4</math>  (с крупным зубом)  с коническим хвостовиком  <math>D = 14, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63</math> мм;  <math>L = 120 \dots 245</math> мм; <math>Z = 4 \dots 8</math> (с нормальным  зубом); <math>Z = 3 \dots 5</math> (с крупным зубом)</p>

При выборе формы зуба необходимо обеспечить его необходимую прочность, свободное размещение срезаемой стружки в канавке, большее число переточек, простоту изготовления.

*Крепление фрез.* Крепление фрезерного инструмента на станках осуществляется различными способами в зависимости от конструкции выходной части шпинделя, конструкции фрезы, а также технологических требований.

Соединительными частями-базами крепления насадных фрез могут служить цилиндрические отверстия с продольными или поперечными шпоночными пазами и торец, а у хвостовых – конические и цилиндрические хвостовики. Для уменьшения величины биения фрез на фрезерной оправке опорные торцы фрез должны быть перпендикулярны оси фрезы и параллельны друг другу. Цилиндрические, дисковые, торцовые насадные, угловые и фасонные фрезы закрепляются на фрезерных оправках (рисунки 3.1 и 3.2). Фрезам, закрепленным на оправке, вращение передается продольной или торцовой шпонкой.

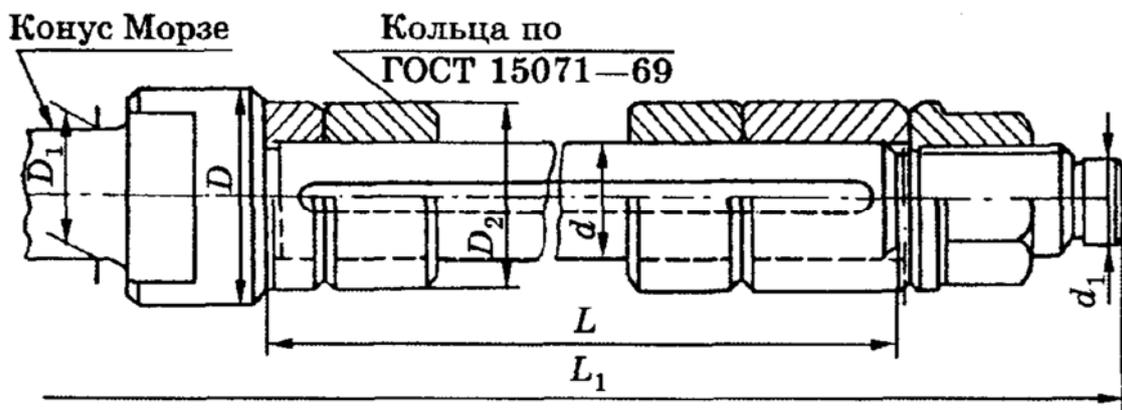


Рисунок 3.1 – Оправка для крепления дисковых и цилиндрических фрез с передачей крутящего момента при помощи продольной шпонки

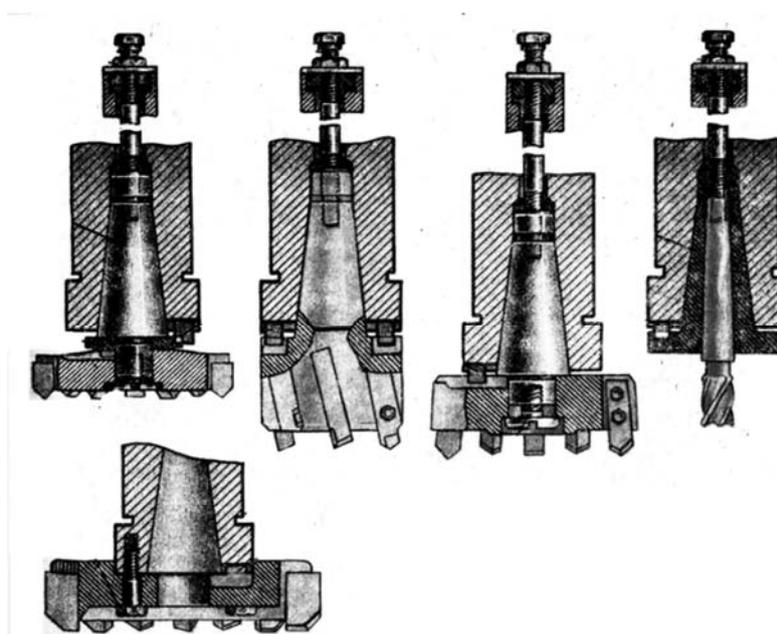


Рисунок 3.2 – Установка и закрепление торцовых и концевых фрез

У прорезных фрез в некоторых случаях шпоночный паз отсутствует, и передача крутящего момента осуществляется силами трения.

Крепление торцовых фрез с цилиндрическим посадочным отверстием и поводковым пазом на торце осуществляется винтом с цилиндрической головкой. Длина посадочной части оправки должна соответствовать длине посадочного места фрезы. Торцовые фрезы могут крепиться непосредственно на шпинделе станка четырьмя винтами с внутренним шестигранником. Базами могут служить торец и цилиндрическая поверхность шпинделя, торец и цилиндрическое отверстие фрезы, конический хвостовик. В этом случае крутящий момент на фрезу передается с помощью двух диаметрально расположенных шпонок, закрепленных в пазах на торце шпинделя, силами трения на конической поверхности хвостовика фрезы или силами трения плюс шпонками.

Базирование на торец сохраняет постоянство размера от опорной поверхности до режущих кромок ножей при переточках, что позволяет при установке фрезы не применять дополнительной регулировки.

Концевые, торцовые и шпоночные фрезы диаметром свыше 20 мм, у которых базой крепления является конический хвостовик, устанавливаются в шпинделе станка с помощью переходных конусных втулок (рисунок 3.3). Затяжка конического хвостовика в коническое гнездо шпинделя производится шомполом (длинным винтом через полый шпиндель).

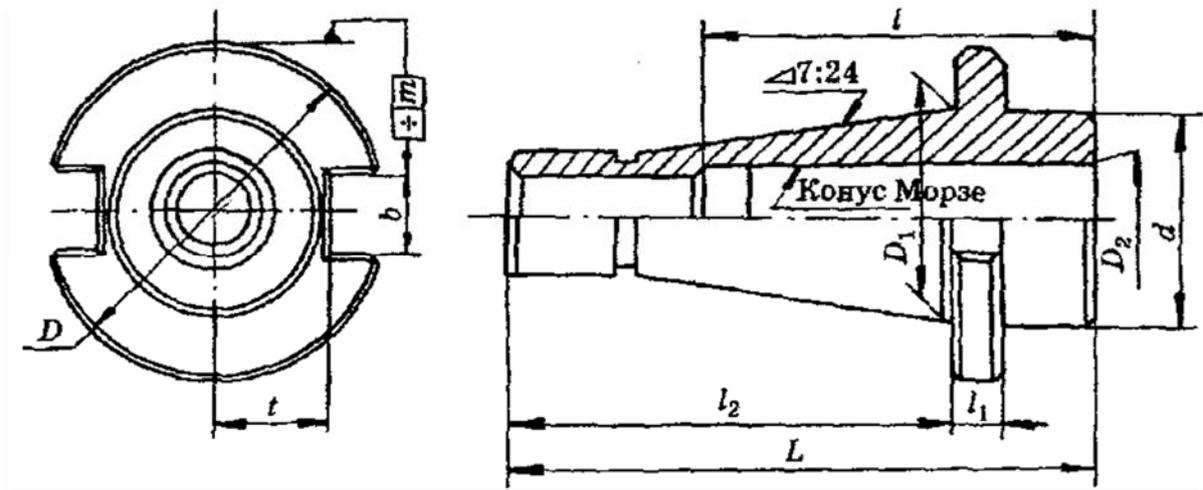


Рисунок 3.3 – Переходная втулка с конусностью 7:24 для концевых фрез с коническим хвостовиком

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить инструкции по технике безопасности и выполнению работы.
- 2 Получить у лаборанта или преподавателя методические материалы и инструменты.
- 3 По плакатам, планшетах с натурными образцами и другим методическим материалам ознакомиться с назначением, технологическими возможностями, конструкцией и геометрией фрез.

4 Составить эскизы выданных преподавателем фрез вместе с инструментами для их закрепления на станке и нанести условные обозначения параметров отдельных частей инструментов, элементов их конструкции и геометрии (длины, диаметры, углы и т. д.).

На эскизах показать: контур обрабатываемой поверхности детали; направление векторов скоростей главного движения и подачи; поверхности, по которым перетачивают зубья инструментов.

5 Измерить линейные и угловые параметры инструментов. Результаты измерений занести в таблицы 3.2 и 3.3.

### **Содержание отчета**

Цель работы (таблицы 3.2 и 3.3).

Таблица 3.2 – Конструктивные параметры фрезы (указать какой)

Диаметр $D$ , мм	Длина или ширина $B$ , мм	Диаметр посадочного отверстия (номер конуса Морзе) $d$ , мм	Длина хвостовика (для хвостовых фрез) $l_{XB}$ , мм	Число зубьев $Z$

Таблица 3.3 – Геометрические параметры фрезы (указать какой)

Передний угол $\gamma$ , град	Задний угол $\alpha$ , град ( $K$ , мм)	Вспомога- тельный зад- ний угол $\alpha_1$ , град	Главный угол в плане $\varphi$ , град	Вспомогатель- ный угол в плане $\varphi_1$ , град	Угол накло- на стружеч- ной канавки $\omega$ , град	Угол наклона главной режущей кромки $\lambda$ , град

### **Контрольные вопросы**

- 1 Области применения фрез.
- 2 Конструктивные и геометрические параметры фрез.
- 3 Назовите способы закрепления фрез.
- 4 Перечислите типы фрез.

## 4 Лабораторная работа № 4. Изучение конструктивных и геометрических параметров инструментов для обработки отверстий

**Цель работы:** изучение конструктивных элементов и геометрических параметров различных видов сверл, зенкеров, разверток; приобретение навыков составления эскизов сверл, зенкеров, разверток.

### *Перечень используемого оборудования*

- 1 Объекты исследования – комплекты сверл, зенкеров, разверток.
- 2 Угломеры: 2УРИ, универсальный, транспортир для контроля геометрических параметров сверла, зенкера и развертки.
- 3 Линейка, штангенциркуль, микрометр для контроля конструктивных параметров сверла, зенкера и развертки.

### *Основные положения*

*Технологические возможности инструментов.*

**Сверление** – основной технологический способ получения глухих и сквозных отверстий в сплошном материале по качеству точности 11...14 и с шероховатостью обработанной поверхности  $R_a = 12,5...6,3$  мкм.

**Зенкерование** – получистовая обработка, предназначенная для повышения точности формы отверстия, полученного после сверления, отливки,ковки, штамповки, а также для обработки торцовых поверхностей бобышек, выступов, углублений под головки винтов и других по качествам точности 11...9 и с шероховатостью обработанной поверхности  $R_a = 6,3...3,2$  мкм.

**Развертывание** – чистовая операция, предназначенная для повышения точности формы и размеров отверстия с полями допуска по качествам точности 8...6 с шероховатостью обработанной поверхности  $R_a = 1,6...0,4$  мкм.

Схемы процессов при указанных видах обработки представлены на рисунке 4.1.

Геометрия сверла характеризуется углом  $\omega$  наклона винтовых стружечных канавок, углом  $2\varphi$  при вершине, углом  $\varphi_1$  обратного конуса, образуемого за счет уменьшения диаметра сверла по направлению к хвостовику, углом  $\psi$  наклона поперечной режущей кромки, передним  $\gamma$  и задним  $\alpha$  углами, переменными вдоль главных режущих кромок.

**Сверла.** Конструктивные и геометрические параметры спиральных сверл показаны на рисунке 4.2.

Угол обратного конуса определяется уменьшением диаметра сверла на 100 мм длины рабочей части.

Угол  $\omega$  – это угол между осью сверла и касательной к винтовой линии канавки сверла.

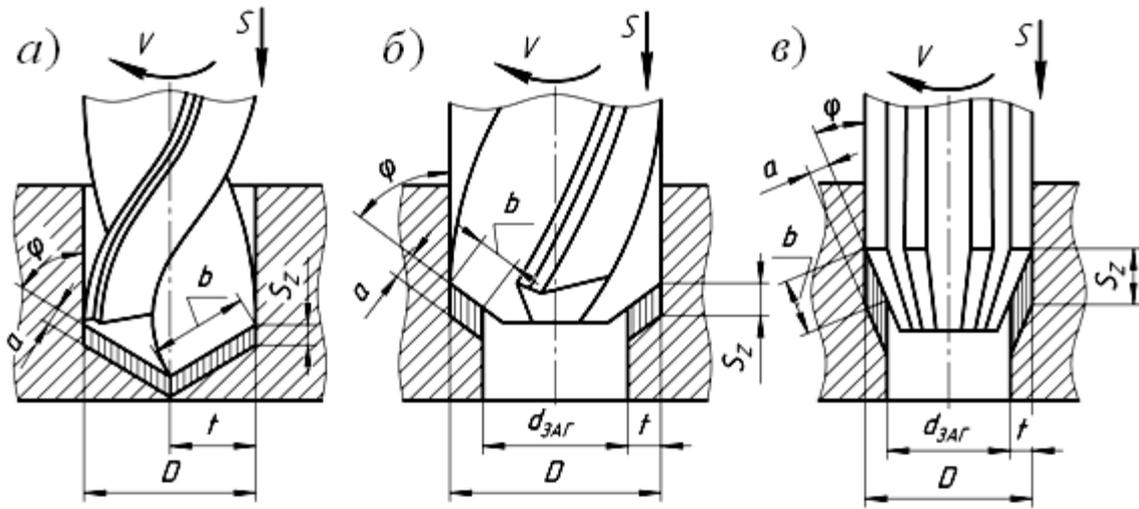


Рисунок 4.1 – Схемы процессов сверления (а), зенкерования (б) и развертывания (в)

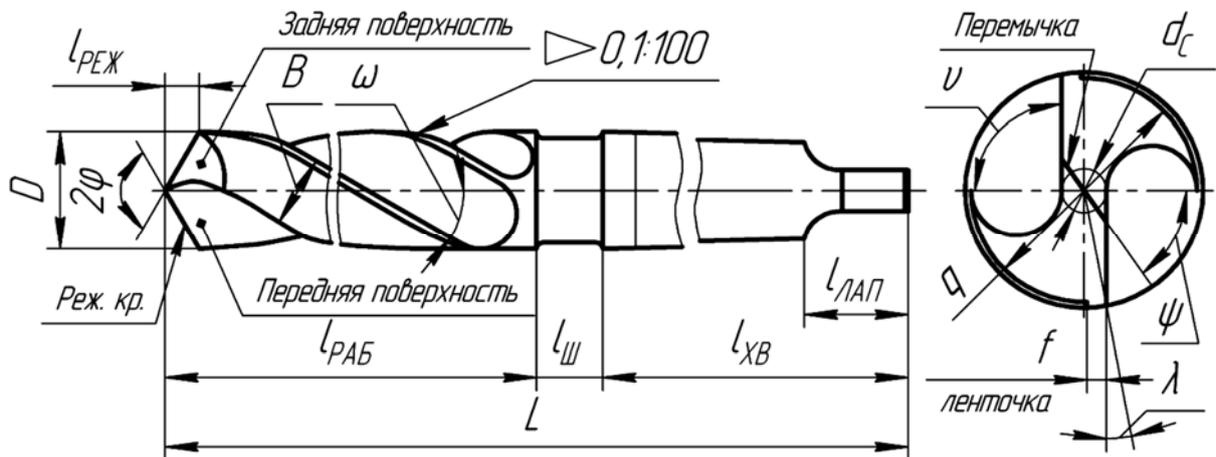


Рисунок 4.2 – Конструктивные и геометрические параметры спирального сверла

$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{\pi \cdot D_x}{H}, \quad (4.1)$$

где  $D_x$  – диаметр сверла, на котором определяется  $\omega_x$ ;

$H$  – шаг винтовых канавок.

Передний угол  $\gamma$  измеряется в главной секущей плоскости  $N-N$ , перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную (диаметральную) плоскость, проходящую через рассматриваемую точку режущей кромки и ось сверла (рисунок 4.3). Угол  $\gamma$  образуется передней поверхностью и основной плоскостью. Этот угол связан с углом  $\omega$  и изменяется вдоль кромки сверла (от периферии к оси сверла уменьшается, т. к. уменьшается  $\omega$ ):

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x}{D} \cdot \operatorname{tg} \omega \cdot \sin \varphi. \quad (4.2)$$

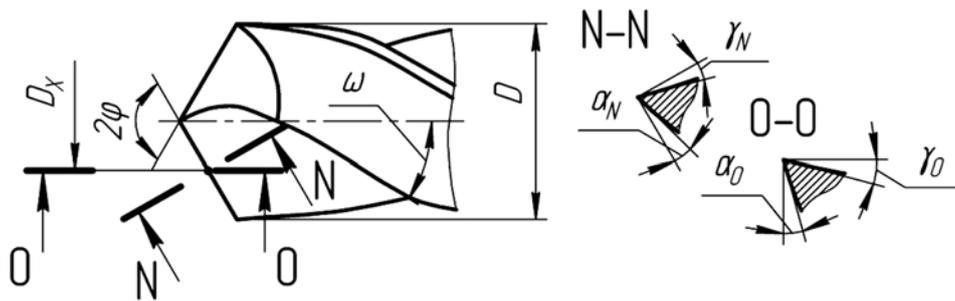


Рисунок 4.3 – Геометрические параметры спирального сверла

Задний угол  $\alpha$  – угол между задней поверхностью и плоскостью резания, измеряемый в рабочей плоскости. От периферии к оси сверла он увеличивается для винтовых или конических задних поверхностей.

*Зенкеры.* Зенкеры используются на сверлильных, токарных, револьверных, расточных станках, токарных автоматах и полуавтоматах. Есть различные классификации этих инструментов, где учтены способ крепления (хвостовые, насадные); конструктивные особенности (цельные, сборные, с напайными или вставными ножами); инструментальные материалы (легированные, быстрорежущие, твердосплавные); характер работы (для снятия припусков различной величины, комбинированные, ступенчатые и др.). Зенкеры подразделяются и по назначению, например, цилиндрические зенкеры (рисунок 4.4, а, б) – для обработки цилиндрических отверстий, зенковки (рисунок 4.4, в) – для обработки конических отверстий, цековки (рисунок 4.4, г) – для обработки плоских поверхностей бобышек и др.

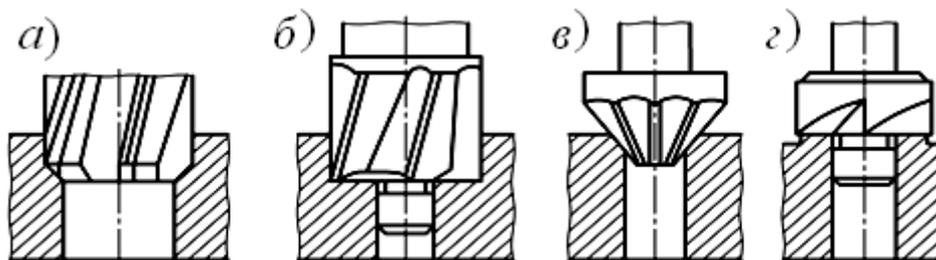


Рисунок 4.4 – Типы зенкеров

Из всех типов наиболее широкое применение имеют цилиндрические зенкеры, которые служат для увеличения диаметра предварительно подготовленного отверстия, повышения его точности и уменьшения шероховатости поверхности.

По сравнению со сверлами зенкеры повышают точность и снижают шероховатость поверхности обработанного отверстия. Это объясняется тем, что конструкция зенкера более жесткая, чем конструкция сверла, у него большее число режущих зубьев. Вследствие этого зенкер имеет лучшую устойчивость и направление в работе, что способствует повышению точности обработки. Припуск под зенкерование меньше, чем при сверлении. В результате этого умень-

шаются толщина срезаемого слоя каждым зубом и шероховатость обработанной поверхности. На рисунке 4.5 показан концевой зенкер. Он похож на спиральное сверло. Но, в отличие от сверла, зенкер не имеет поперечной режущей кромки и число зубьев у него 3...4.

Насадные цельные зенкеры (рисунок 4.6) проектируются с винтовыми канавками, имеющими угол наклона  $\omega = 15...20^\circ$ , профиль которых криволинейный. Число зубьев у таких зенкеров 4, их диаметр  $D = 32...80$  мм.

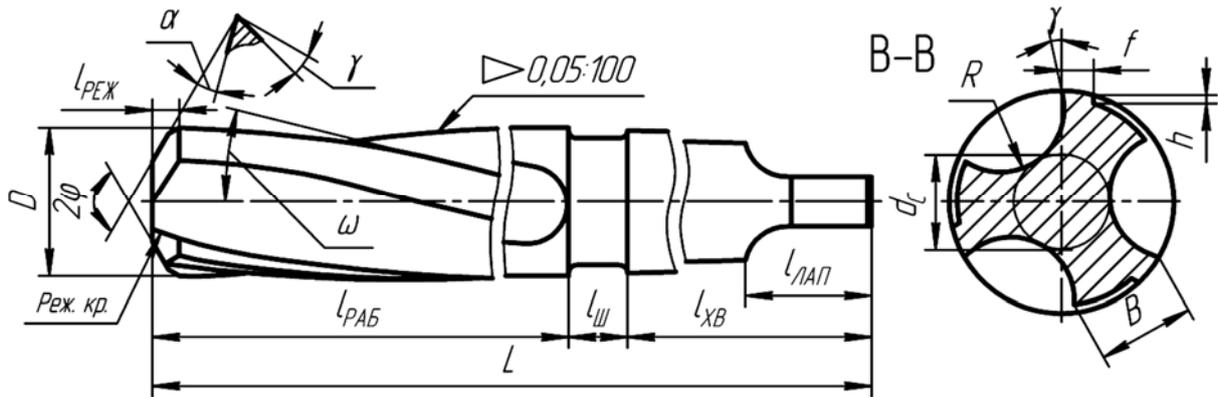


Рисунок 4.5 – Концевой цилиндрический зенкер

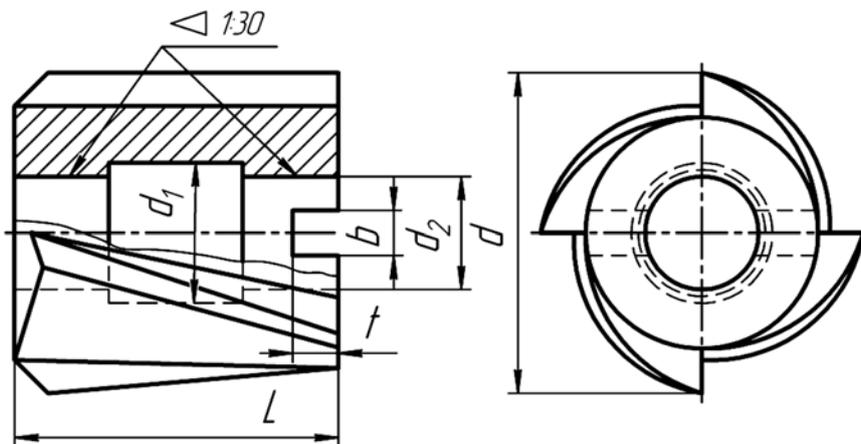


Рисунок 4.6 – Насадной цельный зенкер

На рисунке 4.7 показан насадной зенкер сборной конструкции. Такие зенкеры делают диаметром 40...120 мм. Зубья крепятся с помощью рифлений (рисунок 4.8, а), клина (рисунок 4.8, б) или без клина (рисунок 4.8, в). Они допускают регулирование диаметра. Зубья могут быть из быстрорежущей стали или из конструкционной стали с напаянными твердосплавными пластинками. Передняя поверхность плоская; зубья имеют наклон вдоль оси под углом  $\omega = 10...15^\circ$ . Для образования переднего угла зубья в торцевой плоскости устанавливают в корпусе зенкера под углом  $\gamma$ . Число зубьев у таких зенкеров  $Z = 4...6$ .

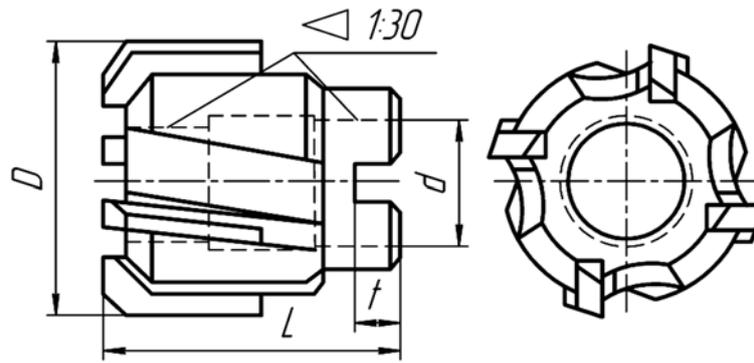


Рисунок 4.7 – Насадной зенкер сборной конструкции

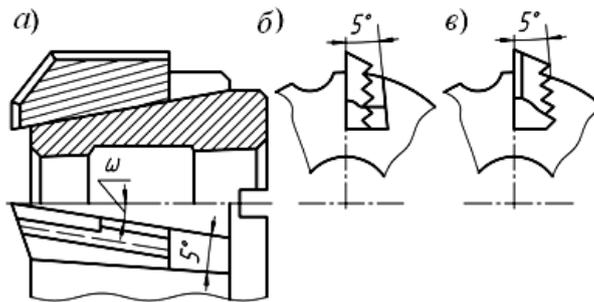


Рисунок 4.8 – Крепление ножей сборных зенкеров рифлениями

На рисунке 4.9 показан насадной зенкер, у которого пластинки из твердого сплава непосредственно припаяны к корпусу. Обычно их делают диаметром 34...80 мм с числом зубьев 2...4.

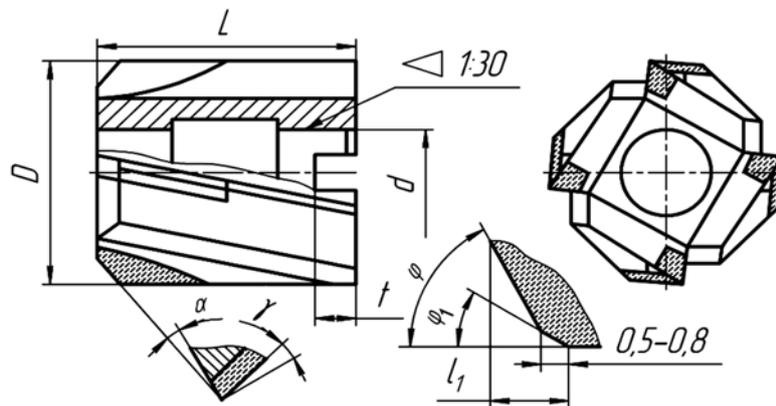


Рисунок 4.9 – Насадной зенкер с напайными пластинками твердого сплава

Для обработки стальных деталей главный угол в плане двойной  $\varphi = 60^\circ$  и  $\varphi_1 = 30^\circ$ . Это упрочняет режущую часть, повышает массивность периферийных участков режущей части и стойкость инструмента. Угол наклона зубьев у них  $10...15^\circ$ .

## ***Порядок выполнения работы***

1 Получить у лаборанта или преподавателя методические материалы и инструменты.

2 Изучить инструкции по технике безопасности и выполнению работы.

3 По плакатам и натурным образцам ознакомиться с конструкцией и геометрией сверл, зенкеров, разверток разного назначения.

4 Составить эскизы выданных инструментов и нанести условные обозначения параметров отдельных частей инструментов, элементов конструкции и геометрии (длина, диаметр, углы и т. д.) (таблица 4.1).

5 На эскизах показать: контур обрабатываемой поверхности детали; направление векторов скорости главного движения и подачи; поверхности, по которым выполняют переточку зубьев инструмента.

6 Измерить линейные размеры и геометрические параметры инструментов. Результаты измерений занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерения параметров инструментов

Параметры инструмента	Вид инструмента		
	Сверло	Зенкер	Развертка
Диаметр $d$ , мм			
Общая длина инструмента $L$ , мм			
Длина рабочей части $l_{РАБ}$ , мм			
Длина режущей части $l_{РЕЖ}$ , мм			
Длина хвостовика $l_{ХВ}$ , мм			
Толщина (диаметр) сердцевинки $d_c$ , мм			
Ширина ленточки $f$ , мм			
Главный угол в плане $\varphi$ , град			
Угол наклона стружечной канавки $\omega$ , град			
Передний угол $\gamma$ , град			
Задний угол $\alpha$ , град			

## ***Содержание отчета***

Цель работы, эскиз осевого инструмента (см. таблицу 4.1).

## ***Контрольные вопросы***

1 Назначение сверл, зенкеров, разверток и обеспечиваемые ими параметры точности размеров и шероховатость обработанных поверхностей.

2 Основные части сверл, зенкеров, разверток; элементы их конструкции и угловые параметры.

3 Приборы и способы измерения угловых и линейных параметров инструментов.

4 Материалы, используемые для рабочей и крепежной (хвостовика) частей инструментов.

5 Поверхности, по которым перетачивают сверла, зенкеры и развертки.

6 Крепление изучаемых инструментов на станках.

## **5 Лабораторная работа № 5. Изучение параметров абразивного инструмента**

**Цель работы:** ознакомление с различными типами кругов и их характеристиками, изучение способов крепления кругов.

### ***Перечень используемого оборудования***

1 Объекты исследования – комплекты абразивных инструментов.

2 Линейка, штангенциркуль для контроля конструктивных параметров абразивных инструментов.

### ***Основные положения***

К основным видам абразивной обработки относятся шлифование, хонингование, суперфиниш, полирование, притирка.

Рабочим материалом любого абразивного инструмента являются абразивные зерна, представляющие собой частицы природных или искусственных материалов.

Шлифовальные материалы (ГОСТ 3647–80) обозначаются маркой абразивного зерна и зернистостью, указываемой цифрой, в десять раз меньшей размера ячейки нижнего сита, с добавлением буквы, обозначающей содержание основной фракции (Д – допустимое, Н – нормальное, П – повышенное, В – высокое). В обозначении микропорошков перед зернистостью указывают букву М, а цифра зернистости определяет размер ячейки сита.

*Примеры:*

– *шлифпорошок 24А 16-П* – шлифпорошок из белого электрокорунда зернистостью 16 (размер ячейки 160 мкм) с повышенным содержанием основной фракции;

– *микропорошок 63С М20-Д* – микропорошок карбида кремния зеленого зернистостью 20 (размер ячейки 20 мкм) с допустимым содержанием основной фракции.

Выбор марки абразивного материала определяется характером обработки, видом инструмента и материалом обрабатываемой заготовки. Зернистость, т. е. величина зерен абразивного материала, и частично уровень режима резания непосредственно влияют на размеры «царапин» на обработанной поверхности, совокупность которых определяет остаточную шероховатость поверхности.

Инструмент на жесткой основе представляет собой абразивные зерна, скрепленные связкой в инструмент определенной формы. Характеризуется видом абразивного материала, его зернистостью, твердостью, структурой, связкой, классом точности, формой и размерами.

Обозначение инструмента включает обозначение формы инструмента, его основные размеры, так называемую характеристику (первые пять из перечисленных выше параметров) и точность изготовления; для вращающегося инструмента – еще и класс неуравновешенности, а для алмазного и эльборового – концентрацию зерен в рабочем слое.

Под твердостью абразивного инструмента понимается способность связки удерживать зерна при воздействии на них сил резания. Классификация инструмента по этому признаку приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Классификация абразивных инструментов по твердости

Группа твердости	Весьма мягкий	Мягкий	Средне-мягкий	Средний	Средне-твердый	Твердый
ГОСТ 3647–80	BM1, BM2	M1, M2, M3	CM1, CM2	C1, C2	CT1, CT2, CT3	T1, T2
Стандарт ISO	F, G	H, I, J	K, L	M, N	O, P, Q	R, S

Кроме перечисленных в таблице, имеются еще две градации твердости для обозначения наиболее твердого инструмента: весьма твердый (BT и TU по ГОСТ и ISO соответственно) и чрезвычайно твердый (CT и V, W, Y, Z).

Твердость инструмента определяет такие свойства, как самозатачиваемость и сохранение исходной формы. Под самозатачиваемостью понимают способность инструмента обновлять зерна на рабочей поверхности по мере их затупления или засаливания под действием сил резания.

Засаливание – это процесс налипания удаляемых частиц обрабатываемого материала на поверхности работающих зерен и заполнение пор шламом, т. е. смесью из «стружки», осколков зерен и частиц разрушенной связки.

Таким образом, чем мягче инструмент, тем интенсивнее происходит обновление рабочих зерен на его поверхности, но и быстрее нарушается исходная форма рабочей части инструмента.

Общий принцип выбора твердости состоит в переходе от более мягкого инструмента при обработке вязких, пластичных материалов к более твердому при обработке хрупких материалов.

Структура абразивного инструмента обозначается номером группы (с 1 до 12) и представляет собой объемное соотношение зерен и связки с порами. Чем выше номер, тем меньше доля зерен и больше удельный объем пор и связки. Структуры 1...4 относятся к закрытым (плотным), 5...8 – средним, 9...12 – открытым. Для инструмента на керамической связке предусмотрены дополнительные группы 13...18 с размерами пор до 3 мм.

На выбор структуры инструмента влияют материал детали, требования к качеству поверхности, вид обработки и инструмента. Так, закрытые структуры

применяют при обработке твердых и хрупких материалов и при чистовой обработке с повышенными требованиями к точности формы обрабатываемой поверхности.

Класс точности инструмента определяет требования к зерновому составу, точности рабочих и посадочных поверхностей и их взаимному расположению, наличию сколов и раковин. Абразивные круги выпускают трех классов точности (в порядке снижения требований): АА, А и Б. Остальной инструмент – двух классов: А и Б.

Связка предназначена для закрепления абразивных зерен в инструменте и придания ему необходимой формы. Основой связки могут быть неорганические или органические материалы.

Маркировка шлифовальных кругов рассмотрена на рисунке 5.1.

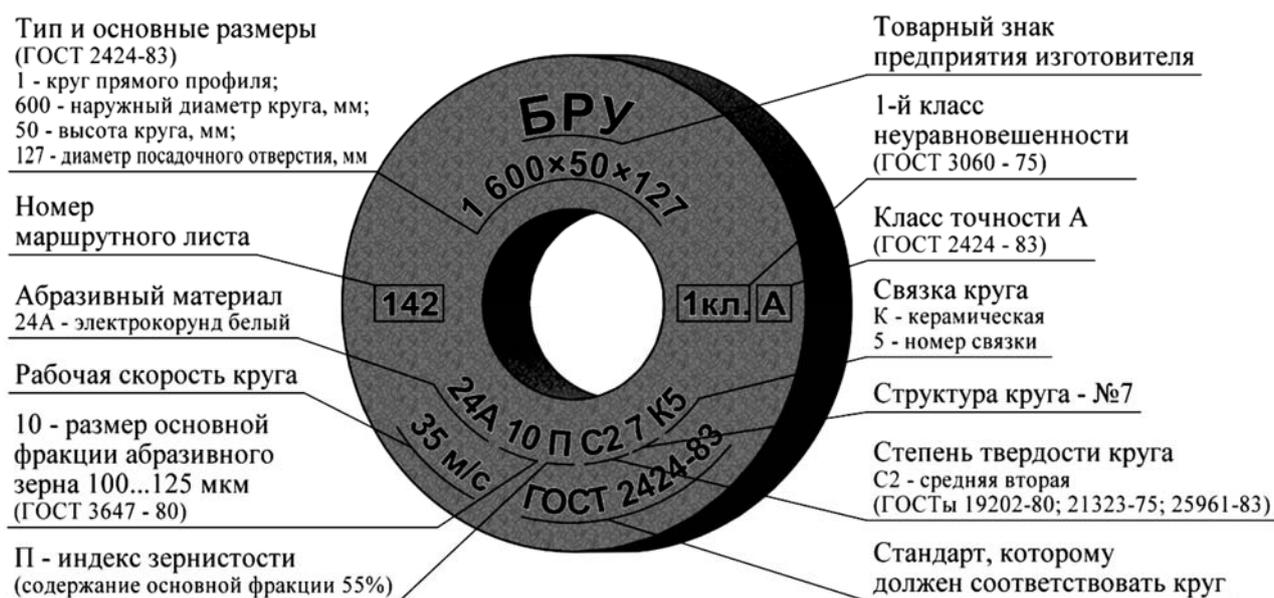


Рисунок 5.1 – Маркировка шлифовальных кругов

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Получить у лаборанта или преподавателя методические материалы и инструменты.
- 2 Изучить инструкции по технике безопасности и выполнению работы.
- 3 По натурным образцам ознакомиться с абразивными инструментами.
- 4 Составить эскизы выданных инструментов.
- 5 Провести расшифровку маркировки абразивного инструмента.

### ***Содержание отчета***

Цель работы, эскизы предложенных преподавателем инструментов.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какие существуют виды абразивных материалов?
- 2 Что такое зернистость круга?
- 3 Какие существуют виды связок?
- 4 Что такое твердость круга?
- 5 Что понимается под структурой круга?
- 6 Как расшифровать маркировку круга?
- 7 Каковы причины, вызывающие неуравновешенность круга?
- 8 Как выполняется статическая балансировка круга?
- 9 Как производят правку круга?
- 10 Как закрепляется круг на станке?

## **6 Лабораторная работа № 6. Изучение конструктивных и геометрических параметров резьбообразующих инструментов**

***Цель работы:*** закрепление теоретических знаний о назначении, применении и конструкции резьбообразующих инструментов, а также приобретение навыков их эскизирования и измерения.

### ***Перечень используемого оборудования***

Режущие инструменты: резьбовые резцы, метчики, плашки, резьбовые фрезы, резьбонарезные и резьбонакатные головки.

Измерительные инструменты и приборы: маятниковый угломер, штангенрейсмас или угломер 2УРИ, универсальный угломер УМ, штангенциркуль, масштабная линейка, микрометр, контрольная плита, центр с индикатором и делительной головкой для измерения затылования; резьбомер.

### ***Основные положения***

В зависимости от типа производства, вида резьбы, ее размера, точности, качества обработанных поверхностей, а также методов получения все применяемые резьбообразующие инструменты можно разделить на следующие группы: резьбонарезные инструменты: резьбовые односторонние и гребенчатые резцы, фрезы, метчики, резьбонарезные плашки и головки, вихревые скоростные головки и т. д.; инструменты для получения резьбы методом пластической деформации: резьбонакатные головки, ролики, плашки и др.; резьбошлифовальные круги: односторонние и многосторонние.

***Резьбовые резцы.*** Предназначены для нарезания наружной и внутренней резьбы различных профилей: трапецеидального, круглого, треугольного и т. д. По конструкции они разделяются на стержневые (рисунок 6.1, а, г), призматические (рисунок 6.1, б, д) и круглые (рисунок 6.1, в, е). Они могут быть однони-

точными (рисунок 6.1, а–в) и многониточными (рисунок 6.1, г–е).

Передние углы у черновых резбовых резцов принимаются в зависимости от свойств обрабатываемого материала. У чистовых резцов для меньшего искажения профиля резьбы передняя поверхность часто выполняется с  $\gamma = 0^\circ$ .

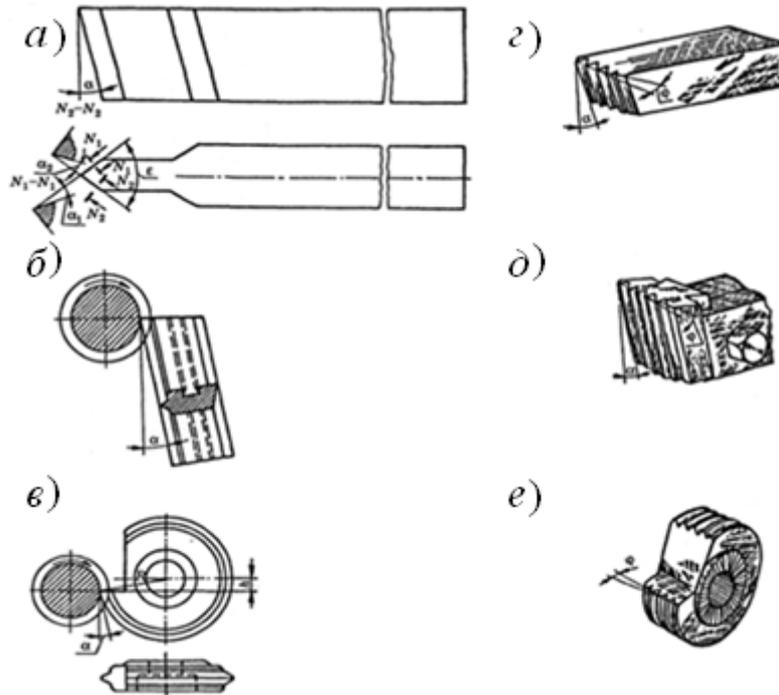


Рисунок 6.1 – Резцы резбовые

Задние углы назначаются в зависимости от типа резца и толщины среза: для стержневых  $\alpha = 15...20^\circ$ , для призматических  $\alpha = 15^\circ$  и круглых  $\alpha = 10...20^\circ$ .

*Метчики.* Предназначены для образования резьбы в отверстиях. По принципу работы их подразделяют на режущие (просто метчики), образующие профиль резьбы путем снятия стружки, и деформирующие (бесстружечные), образующие профиль резьбы без снятия стружки, а также метчики с режущими и выглаживающими зубьями, образующие резьбу комбинированным способом (резанием и пластическим деформированием).

Несмотря на многообразие конструкций, метчики имеют общие геометрические параметры и конструктивные элементы: режущие перья, зубья, сердцевину, стружечные канавки, рабочую часть и хвостовик (рисунок 6.2). Рабочая часть включает режущую или заборную и калибрующую. Режущая часть осуществляет основную работу резания. Калибрующая часть служит для зачистки резьбы и направления метчика в отверстии. Хвостовая часть метчика необходима для закрепления его в патроне или воротке и для передачи крутящего момента вручную или от шпинделя станка посредством квадрата, лысок, шпоночных продольных пазов и т. д.

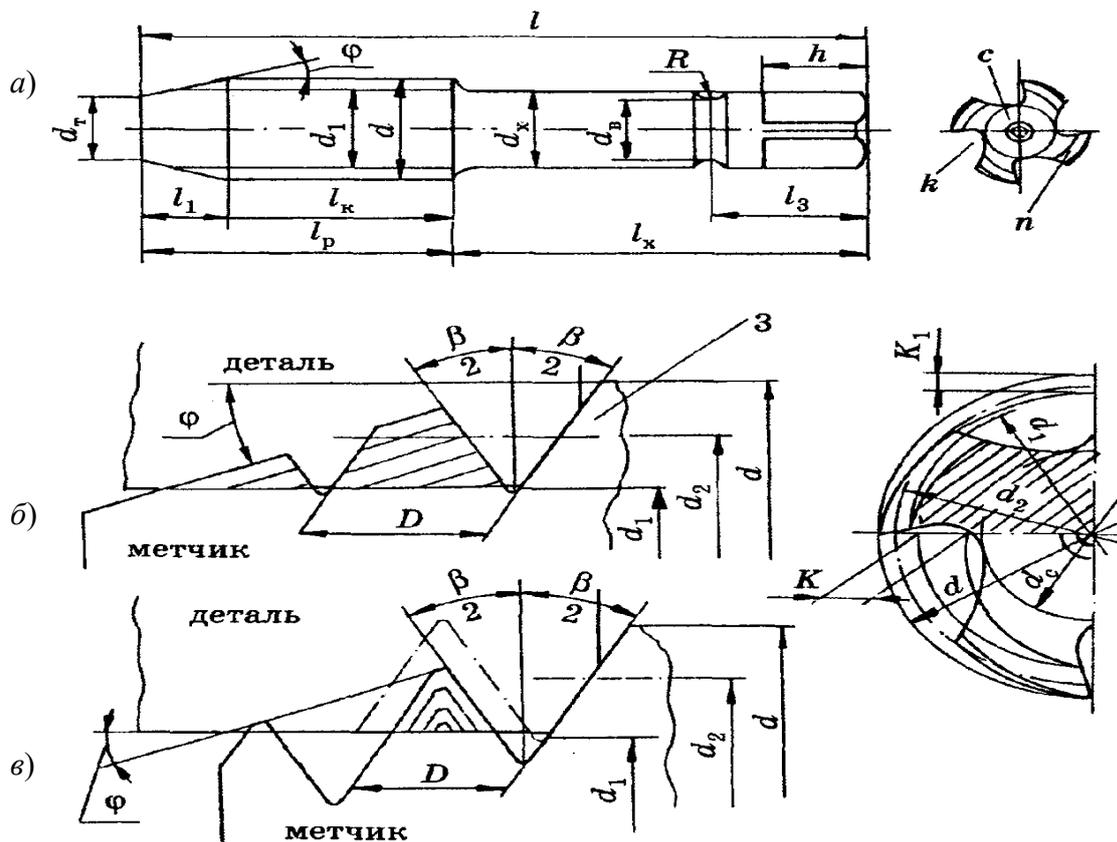


Рисунок 6.2 – Метчик (а), генераторная (б) и профильная (в) схемы резания

**Плашки.** Предназначаются для нарезания или калибрования наружной резьбы. По типу нарезаемой резьбы их подразделяют на плашки для метрической, конической и специальной резьбы.

По конструкции и применению плашки различают: круглые (рисунок 6.3, а) и их разновидности – квадратные (рисунок 6.3, в) и шестигранные (рисунок 6.3, г); трубчатые (рисунок 6.3, д); призматические к слесарным клуппам (вороткам).

Основными конструктивными элементами круглых плашек (рисунок 6.3, а) являются режущая часть с каждого торца длиной, калибрующая часть, число, диаметр и расположение стружечных отверстий, наружный диаметр, ширина плашки, элементы крепления.

Плашки закрепляют в плашкодержателе (при ручной работе) или в патроне. Для крепления плашки на ее наружной поверхности делают три или четыре конических углубления: нижнее и левое гнезда с углом конуса  $60^\circ$  под установочный винт, верхнее и правое с углом  $90^\circ$  поджимные, смещены от оси. У новых плашек вверху справа делают паз, перемишка которого разрезается после двух-трех переточек. Поджимные гнезда после удаления перемишки позволяют винтами регулировать диаметр нарезаемой резьбы.

**Резьбовые фрезы.** Относятся к многозубым инструментам, благодаря чему фрезерование резьбы более производительное, чем нарезание резцами.

По конструкции резьбовые фрезы подразделяют на следующие типы: гребенчатые цилиндрические для нарезания резьбы неглубокого профиля с шагом  $0,5 \dots 6$  мм сразу на всей длине (рисунок 6.4, а, г); дисковые для нареза-

ния резьбы крупного профиля (рисунок 6.4, б, д); дисковые сборные охватывающие головки для скоростного фрезерования резьбы с крупным шагом (рисунок 6.4, в, е).

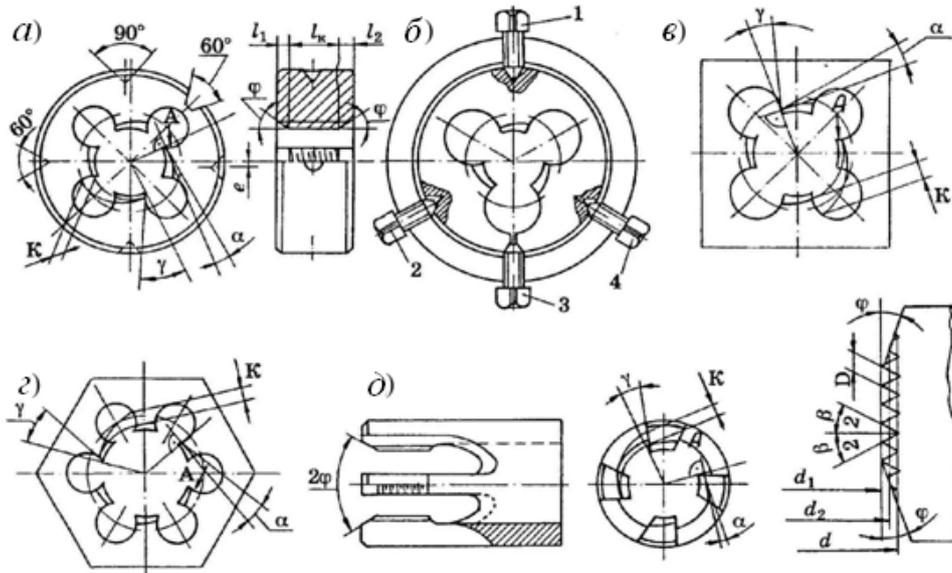


Рисунок 6.3 – Резьбонарезные плашки (а, в – д) и их крепление в плашкодержателе (б)

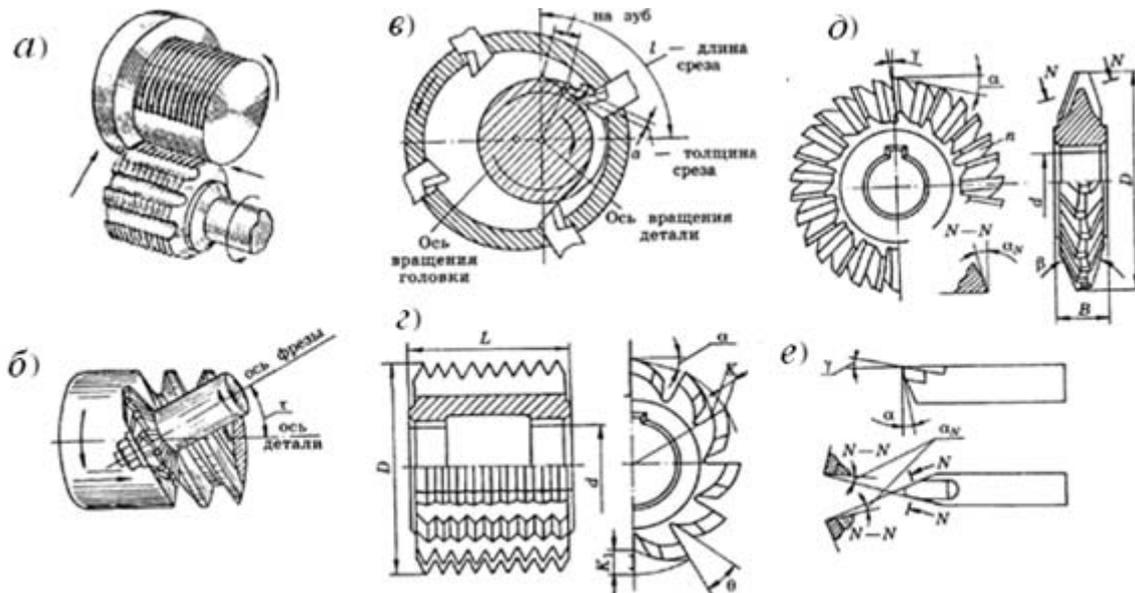


Рисунок 6.4 – Схемы резьбофрезерования и соответствующие им инструменты

Основными конструктивными элементами фрез являются диаметр фрезы, диаметр посадочного отверстия, длина фрезы, число зубьев, форма зуба и впадины, направление стружечных канавок, размеры профиля резьбы.

## **Порядок выполнения работы**

1 Ознакомиться с конструкцией и геометрией резьбообразующих инструментов, представленных на планшетах с натурными образцами и плакатах.

2 Составить эскизы выданных инструментов вместе с инструментами для их закрепления и нанести символами значения параметров отдельных частей инструментов, элементов их конструкции и геометрии, таких как длина, диаметр, угол и т. д.

На эскизах показать:

- а) контур обрабатываемой поверхности детали;
- б) направление векторов скорости главного движения и подачи;
- в) поверхности, по которым перетачивают зубья инструментов.

3 Измерить линейные размеры и геометрические параметры инструментов. Результаты измерений свести в прилагаемые таблицы (таблицы 6.1 и 6.2).

4 Оформить отчет по работе.

Таблица 6.1 – Конструктивные параметры инструмента

Наименование инструмента	Наружный диаметр $d$ , мм	Шаг резьбы $S$ , мм	Число стружечных канавок $Z$	Общая длина или толщина $L$ , мм	Длина режущей части $l_{РЕЖ.}$ , мм	Длина рабочей части $l_{РАБ.}$ , мм

Таблица 6.2 – Основные геометрические параметры инструмента

Наименование инструмента	Передний угол $\gamma$ , град	Задний угол $\alpha$ , град	Угол в плане $\varphi$ , град	Угол наклона стружечной канавки $\omega$ , град

## **Содержание отчета**

Цель работы, эскиз резьбового инструмента (см. таблицы 6.1 и 6.2).

## **Контрольные вопросы**

- 1 Какие существуют способы образования резьбы?
- 2 Перечислите типы метчиков.
- 3 Перечислите типы плашек.
- 4 Конструктивные элементы метчика.

## 7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструктивных и геометрических параметров зуборезных инструментов

**Цель работы:** закрепление теоретических знаний о назначении, применении и конструкции зуборезных инструментов, а также приобретение навыков их эскизирования и измерения.

### Перечень используемого оборудования

Режущие инструменты: долбяк дисковый, долбяк хвостовой, фреза червячная зуборезная, фреза червячная шлицевая, резец зубострогальный, фреза дисковая модульная, шевёр дисковый.

Измерительные инструменты и приборы: штангенциркуль, угломер 2УРИ для измерения углов заточки многолезвийных инструментов, любой из приборов для контроля углов заточки резцов (МИЗ, КРИН) или универсальный угломер.

### Основные положения

Существуют два принципиально разных метода нарезания зубьев зубчатых изделий, такие как метод копирования и метод обкатки или огибания.

По первому методу для нарезания цилиндрических изделий используют дисковые и пальцевые модульные фрезы (рисунок 7.1), головки для контурного зубодолбления (рисунок 7.2), протяжки (рисунок 7.3). Режущий контур этих инструментов копирует себя в межзубных впадинах обрабатываемой детали. При этом фрезами и часто протяжками выполняют обработку зубьев методом деления, т. е. обрабатывается одна межзубная впадина, затем поворот заготовки на угловой шаг зубьев для обработки второй впадины и т. д. Обработка малопродуктивная, точность обработки низкая.

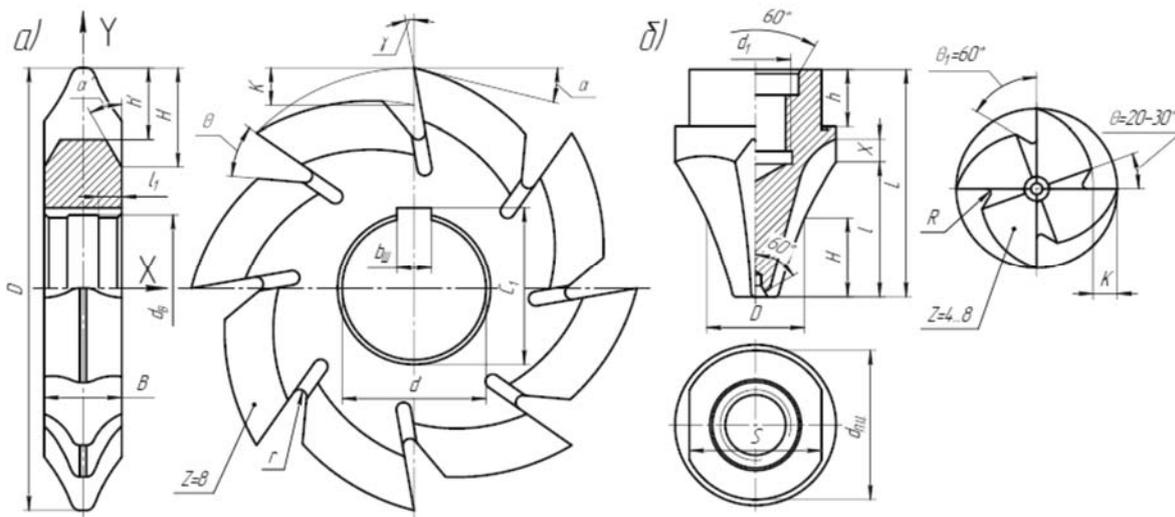


Рисунок 7.1 – Дисковые (а) и пальцевые (б) модульные фрезы

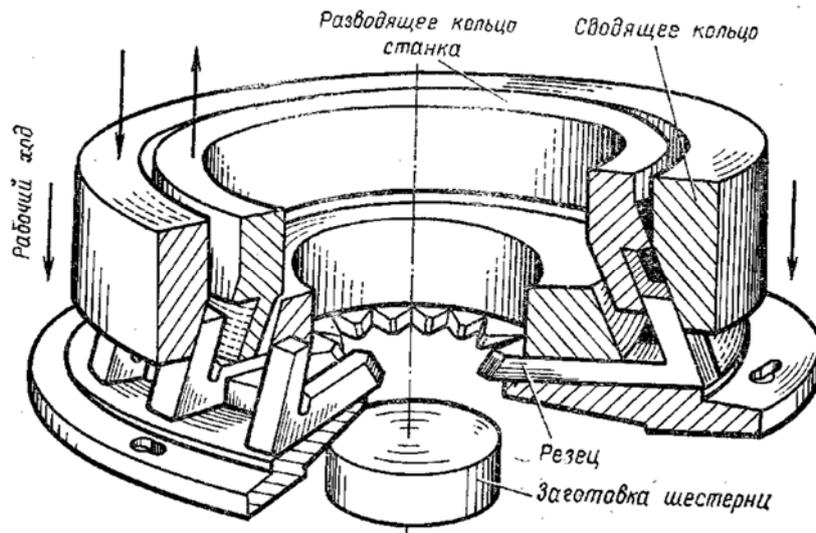


Рисунок 7.2 – Головка для контурного зубодолбления

Более высокая производительность обеспечивается в случаях, когда все межзубные впадины вырезаются одновременно протяжками или головками для контурного зубодолбления (см. рисунок 7.2). Точность обработки зависит от точности изготовления инструмента и тоже не очень высокая, особенно при обработке головками. Такие инструменты дорогие и оправдывают себя только в массовом производстве зубчатых изделий.

Прямозубые конические зубчатые изделия по методу копирования нарезают дисковыми и пальцевыми фрезами или высокопроизводительными круговыми протяжками (рисунок 7.4).

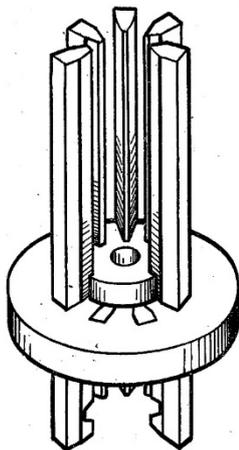


Рисунок 7.3 – Протягивание колес наружного зацепления

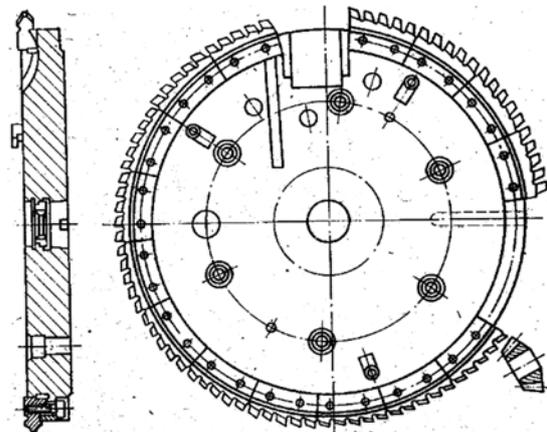


Рисунок 7.4 – Круговая протяжка для нарезания зубьев конических прямозубых колес

По *методу обкатки* профиль боковой поверхности зуба изделия образуется постепенно и представляет собой огибающую мгновенных положений в работе режущего контура зубообрабатывающего инструмента. Это является одной из причин более высокой точности зубообработки такими инструментами: ошибки профиля инструмента в меньшей мере переносятся на деталь.

Обкатными инструментами являются червячные фрезы (рисунки 7.5 и 7.6) и долбяки (рисунки 7.7 и 7.8).

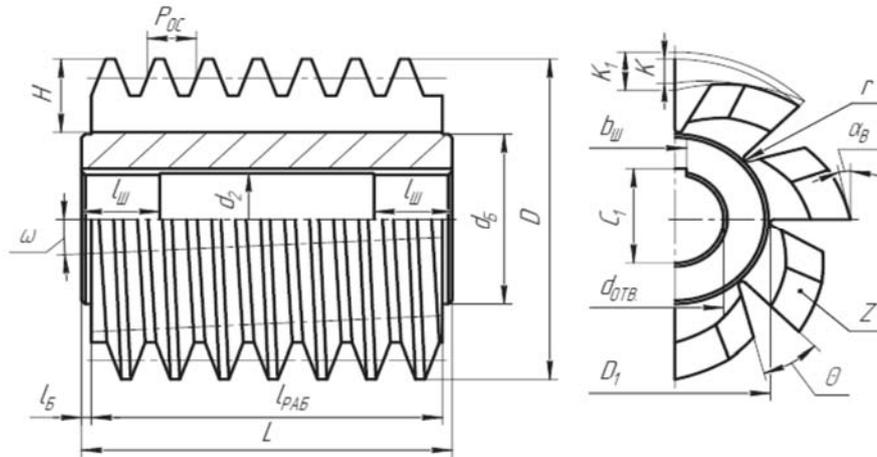
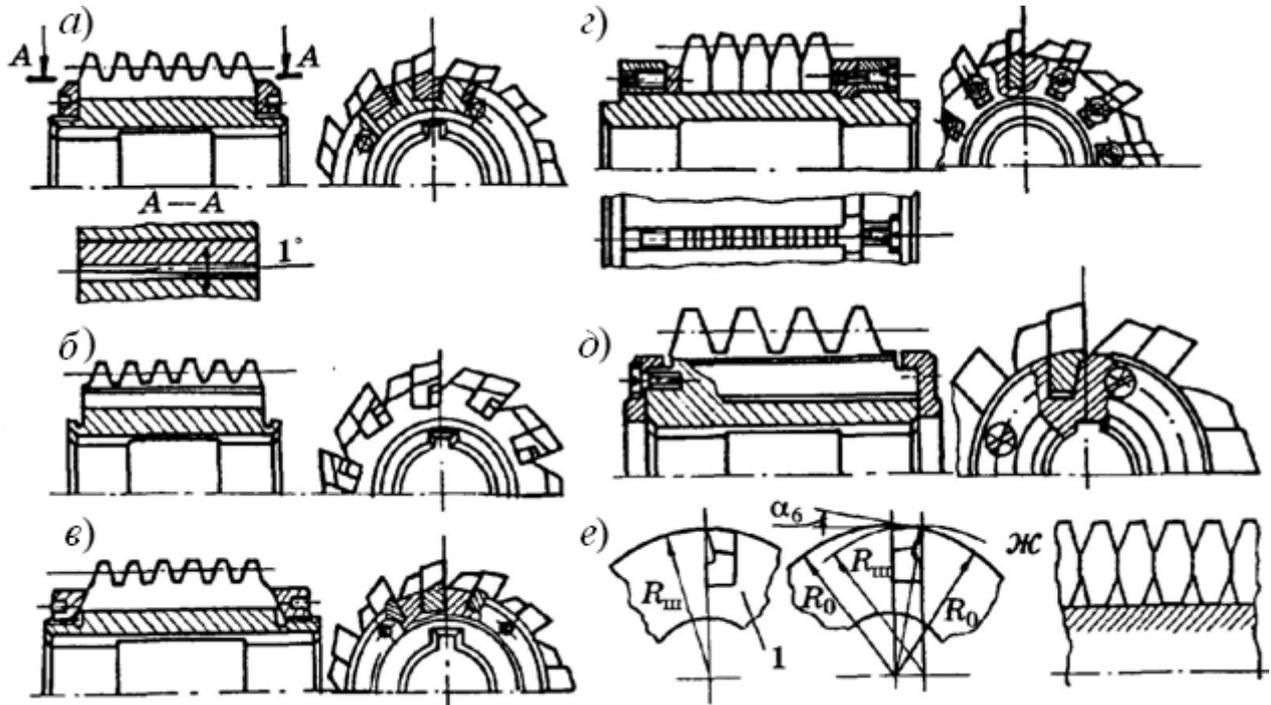


Рисунок 7.5 – Червячная модульная фреза



*a, б* – крепление реек клиньями; *в* – крепление реек гайками; *г* – крепление отдельных зубьев винтами; *д* – крепление реек крышками; *е* – образование заднего угла круглым шлифованием; *ж* – фрагмент фрезы с МНП

Рисунок 7.6 – Некоторые варианты конструкций сборных червячных фрез

**Геометрические параметры зуборезных инструментов.** К геометрическим параметрам зуборезных инструментов относятся форма передней и задней поверхностей зуба, а также передний  $\gamma$ , задний  $\alpha$  углы и угол наклона стружечных канавок  $\omega$  фрез и  $\lambda$  протяжек. Передняя и задняя поверхности выбраны такой формы, чтобы обеспечивать заданную точность при принятом методе изго-

товления колес и быть наиболее технологичными, особенно в заточке. Потому у различных инструментов они разные. Встречаются плоскости, поверхности конические, винтовые, фасонные винтовые и фасонные затылованные, в том числе эвольвентные.

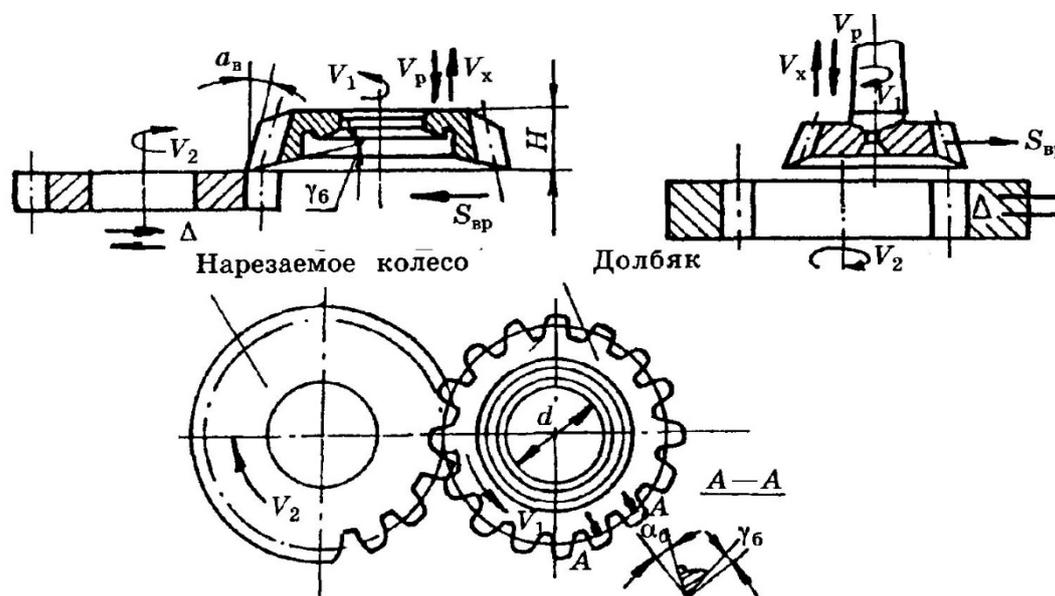
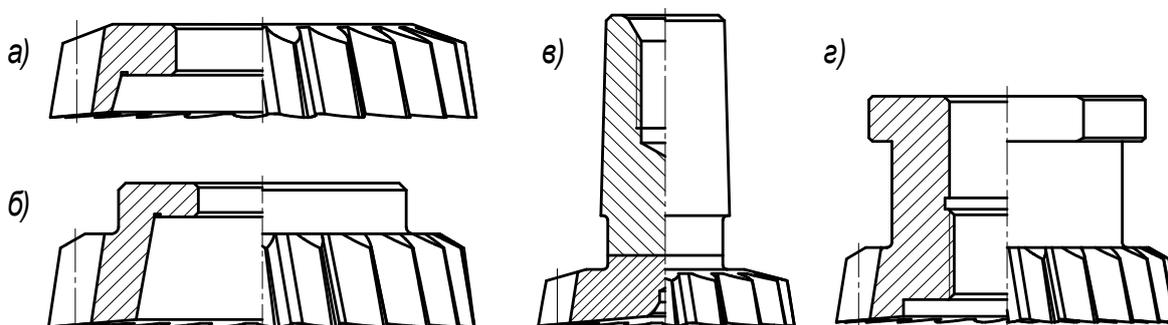


Рисунок 7.7 – Схемы зубодолбления



а – дисковый; б – чашечный; в – хвостовой; г – втулочный

Рисунок 7.8 – Виды долбяков

Поскольку режущая кромка зуборезных инструментов фасонная, а передняя поверхность в отличие от задних одна, то нормальные передние, а также задние углы в различных точках режущей кромки разные, как и у фасонных резцов или фасонных фрез. Поэтому они не оптимальны по длине кромки ни по одному из критериев. Обычно задают углы при вершине ( $\gamma_6$  и  $\alpha_6$ ) в сечении, нормальном к вершинной режущей кромке. Но и они не всегда оптимальны. Ограничения связаны с точностью обработки.

Угол наклона стружечных канавок  $\omega$  у червячных фрез выбирают таким, чтобы передняя поверхность зубьев была нормальной к направлению зуба. В результате образуются одинаковые боковые передние углы и выравниваются

условия резания левой и правой боковыми режущими кромками. По этой же причине  $\omega$  у модульных дисковых фрез и  $\lambda$  у протяжек равны нулю.

**Крепление зуборезных инструментов на станках.** Инструменты с посадочными отверстиями закрепляются на оправках, устанавливаемых в гнездах шпинделей зуборезных станков, а хвостовые – непосредственно в гнезде шпинделя станка. Оправки и конические хвостовики затягиваются в гнездо шпинделя болтами (штрелевыми). Крутящие моменты со станка на инструмент передаются силами трения на конусных поверхностях оправки или хвостовика инструмента, а с конуса оправки на сам инструмент – шпонками (фрезы) или силами трения на торцовых плоскостях (насадные долбяки). Таким образом, крепление зуборезных инструментов ничем не отличается от крепления фрез общего назначения, только точность выше. Так же как и для фрез общего назначения, крутящий момент на оправку может передаваться дополнительно торцовыми шпонками.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Ознакомиться с конструкцией и геометрией зуборезных инструментов, представленных на планшетах, плакатах и натурными образцами.

2 Составить эскизы выданных инструментов вместе с инструментами для их закрепления на станках и нанести условные обозначения параметров отдельных частей инструментов, элементов их конструкции и геометрии.

3 Измерить линейные размеры и геометрические параметры инструментов. Результаты измерений свести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты измерения инструмента (указать инструмент)

Диаметр $D$ , мм	Модуль $m$ , мм	Число зубьев $Z$	Число заходов $i$	Угол за- цепления $\alpha$ , град	Диаметр отверстия или хвосто- вика $d$ , мм	Длина (тол- щина) рабо- чей части $L$ , мм	Перед- ний угол $\gamma$ , град	Задний угол $\alpha$ , град или $K$ , мм

### ***Содержание отчета***

Цель работы, эскиз зуборезного инструмента (см. таблицу 7.1).

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какие существуют методы нарезания зубчатых изделий?
- 2 Перечислите типы долбяков.
- 3 Перечислите способы крепления зуборезного инструмента.
- 4 Конструктивные элементы долбяка.

## Список литературы

1 **Железнов Г. С.** Процессы механической и физико-химической обработки материалов: учебник для вузов / Г. С. Железнов, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 456 с.

2 **Григорьев, С. Н.** Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов / С. Н. Григорьев. – Москва : Машиностроение, 2009. – 368 с.

3 **Ящерицын, П. И.** Теория резания, физические и тепловые процессы в технологических системах / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Е. Э. Фельдштейн. – Минск : Вышэйшая школа, 1990. – 512 с.

4 **Резников, А. Н.** Тепловые процессы в технологических системах / А. Н. Резников, Л. А. Резников. – Москва : Машиностроение, 1990. – 288 с.

5 **Мрочек, Ж. А.** Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин : учебное пособие / Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, И. П. Филонов. – Минск : Технопринт, 2000. – 268 с.

6 **Клименков, С. С.** Формообразующий инструмент в машиностроении. Расчет и конструирование : учебное пособие / С. С. Клименков. – Минск: Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2016. – 671 с.

7 **Клименков, С. С.** Обработывающий инструмент в машиностроении: учебник / С. С. Клименков. – Минск : Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 459 с.