



Министерство образования  
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

Кафедра «Технология машиностроения»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО  
ИНСТРУМЕНТА В КУРСОВОМ  
И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТАХ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**



Минск 2003

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Технология машиностроения»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
В КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТАХ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания  
для студентов специальности 36 01 01 –  
«Технология машиностроения»

Минск 2003

УДК 621.001

В методических указаниях изложены содержание и последовательность расчетов металлорежущих инструментов, наиболее часто применяемых в курсовом и дипломном проектах.

Составители:

В.И. Романенко, В.А.Шкред

Рецензент А.А.Сакович

© Романенко В.И., Шкред В.А.,  
составление, 2003

## Введение

Курсовой и дипломный проекты по дисциплине "Технология машиностроения" содержат раздел "Проектирование металлорежущего инструмента". Этот раздел должен состоять из чертежа режущего инструмента на листе формата А2-А4 (А1) в масштабе 1:1 и его описания с необходимыми расчетами в пояснительной записке. Описание инструмента следует снабжать необходимыми иллюстрациями (эскизами, рисунками, схемами), а также расчетами режущей и соединительной частей.

При конструировании режущей части инструмента в общем случае решается комплекс вопросов, включающих:

- выбор инструментальных материалов;
- назначение оптимальных геометрических параметров инструмента;
- размещение и отвод стружки;
- прочность зубьев режущей части;
- определение размеров и профиля рабочей части инструмента;
- отвод тепла от режущих лезвий;
- экономия инструментальных материалов.

Соединительная часть режущего инструмента должна надежно передавать мощность, полученную от шпинделя станка, на рабочую часть инструмента, что необходимо доказать соответствующим расчетом. Наиболее употребительными конструкциями соединительных частей инструментов являются фрикционные, жесткие и комбинированные.

В настоящих методических указаниях приведены содержание и последовательность расчетов проектируемых металлорежущих инструментов, наиболее часто применяемых в проектах. В качестве основы для методических указаний принят учебник "Основы резания материалов и режущий инструмент" [14]. Обозначения параметров металлорежущих инструментов соответствуют этому учебнику, в котором содержатся необходимые расчетные зависимости и рисунки. Поэтому при расчетах инструментов следует пользоваться учебником [14] и другой рекомендуемой литературой.

Данные методические указания унифицируют требования к разделу проекта "Проектирование металлорежущих инструментов" и могут быть полезны также и преподавателям, контролирующим полноту разработки и изложения этого раздела в пояснительной записке.

Методика предполагает ручной расчет инструмента, способствующий закреплению знаний, но может быть также использована для составления программы расчета инструмента на ЭВМ.

## 1. РАСЧЕТ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

### 1.1. Расчет фрикционной соединительной части хвостового инструмента, снабженного конусом Морзе [1, 2]

Передача крутящих моментов обеспечивается силами трения в стыке между соединительной частью инструмента и станка. Конус должен удерживаться от проворачивания силами трения в гнезде шпинделя. Поэтому образующиеся силы трения на поверхности конуса должны создавать момент, превышающий момент резания.

Расчет величины среднего диаметра конуса ведут по максимальному крутящему моменту, соответствующему резанию затупившимся инструментом, т.е.  $M_{\max} = sM_{\text{кр.}}$ .

$$sM_{\text{кр.}} = \frac{M_1 P_0 (d_1 + d_2) \cdot 0,8}{4 \sin \theta}.$$

Для сверления

$$d_{\text{срр}} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{7,5 \cdot M_{\text{кр.}} \cdot \sin \theta}{P_0 \cdot M_1},$$

где  $sM_{\text{кр.}}$  – максимальный крутящий момент сил трения;

$M_1$  – коэффициент трения, равный 0,096;

$P_0$  – осевая сила, действующая вдоль оси инструмента;

$d_1$  и  $d_2$  – больший и меньший диаметры конуса хвостовика;

$\theta$  – угол конусности (для конусов Морзе –  $1^\circ 30'$ ).

Для сверления осевая сила может быть рассчитана по эмпирической формуле  $P_0 = C_p \cdot S^{Y_p} \cdot D^{Z_p} \cdot K_p$ , или с помощью табл. С. 5 с. 124-126 справочника "Режимы резания металлов" под ред. Барановского Ю.В., М., Машиностроение, 1972.

$$P_0 = P_{\text{табл.}} \cdot K_p.$$

Крутящий момент  $M_{кр.} = C_m \cdot S^{Yp} \cdot D^{Zp} \cdot K_p$ .

Дополнительно рассчитывается прочность на кручение шейки и самого конуса исходя из полученного момента трения.

Проверочный расчет спроектированного инструмента может включать определение разрушающего крутящего момента, расчет разрушающей осевой силы, расчет на продольный изгиб.

Хвостовик с конусом Морзе представлен на рис. 1.1, а.

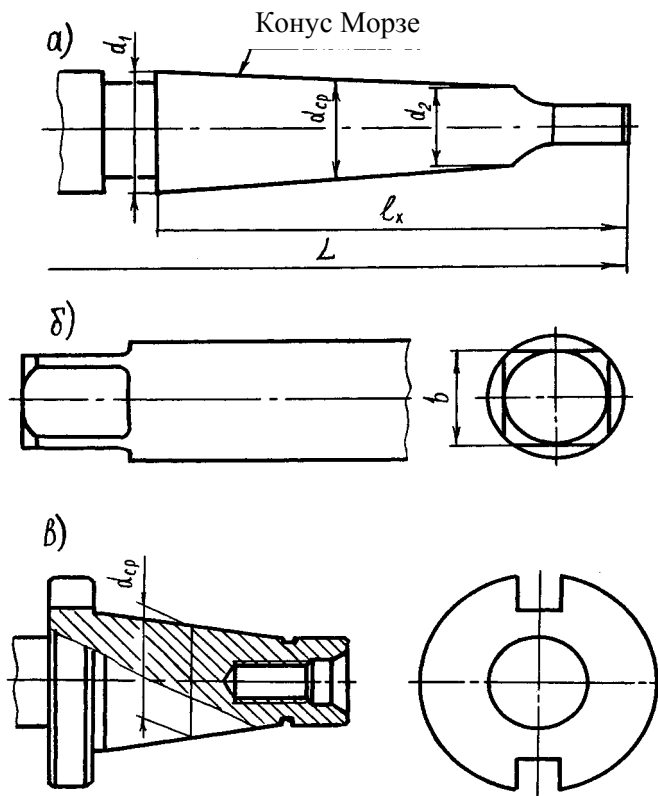


Рис. 1.1. Соединительные части хвостового режущего инструмента:  
а) фрикционное соединение (Конус Морзе); б) жесткое крепление (квадратный хвостовик); в) комбинированное крепление (конус и шпонки)

## 1.2. Расчет жесткого крепления (на примере квадратного хвостовика) [1, 2]

Квадратный хвостовик часто встречается у ручных разверток, гаечных и ручных метчиков и других инструментов и служит для передачи вращательного движения резания. В этом случае определяется напряжение на скручивание

$$\tau = K_{\tau} \cdot K_{\text{кв}} \cdot \frac{M_{\text{кв}}}{B^3},$$

где  $K_{\tau}$  – коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в местах перехода плоскостей квадрата в круглое сечение ( $K_{\tau} = 2$ );

$K_{\text{кв}}$  – коэффициент, равный 4,8;

$B$  – сторона квадрата;

$M_{\text{кв}}$  – крутящий момент, передаваемый квадратом.

На рис. 1.1, б представлен квадратный хвостовик.

## 1.3. Расчет комбинированного крепления инструмента [1, 2] (на примере крепления оправки фрезы в шпинделе станка)

В этом случае силы передаются как шпонками, так и силами трения, возникающими между элементами соединений.

Общий крутящий момент, передаваемый комбинированным соединением:

$$M_{\text{кр}} = M_1 + M_2,$$

где  $M_1$  – крутящий момент, передаваемый шпонками, работающими на срез или смятие;

$M_2$  – крутящий момент, передаваемый силами трения на конусе.

$$M_1 = \frac{\sigma_c \cdot F \cdot D_{\text{ср}}}{2},$$

где  $\sigma_c$  – допускаемое напряжение на срез у шпонок;

$F$  – площадь среза шпонок;

$D_{\text{ср}}$  – средний диаметр действия сил (по серединам шпонок).

Крутящий момент, передаваемый силами трения на конусе, определяется таким же образом, как для обычных хвостовых инструментов, по формуле

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot P_o \cdot d_{cp} \cdot 0,8}{2\sin\theta}.$$

Осевая сила  $P_o$  обеспечивается затяжкой болта.

На рис. 1.1, в представлено комбинированное крепление инструмента посредством конуса и шпонок.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХВОСТОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

### 2.1. Проектирование сверла [1, 2, 14]

Исходные данные: диаметр отверстия  $D$ , мм, глубина сверления  $h$ , мм, тип сверла, обрабатываемый материал, НВ,  $\sigma_b$ , модель станка, режимы резания ( $S$ , мм/об,  $V$ , м/мин), материал сверла, хвостовика.

Определить:

- крутящий момент  $M_{кр}$  и осевую силу  $P_o$ ;
- размер конуса хвостовика;
- длину сверла  $L$ ;
- угол при вершине  $2\varphi$ ;
- угол наклона винтовых канавок  $\omega$ ;
- шаг винтовых канавок  $H$ ;
- диаметр сердцевины у режущей части сверла  $d$ ;
- диаметр сверла  $D_1$  по спинке за ленточкой;
- ширину ленточки  $f$ ;
- ширину пера сверла  $B$ ;
- элементы профиля канавочной фрезы, которой будут фрезеровать канавки сверла; построить профиль канавочной фрезы;
- размеры подточки перемычки  $A$ ;
- место сварочного шва (если сверло сварное).

Выполнить чертеж сверла и указать технические требования к его изготовлению. Параметры рабочей части сверла см. на рис. 2.1.



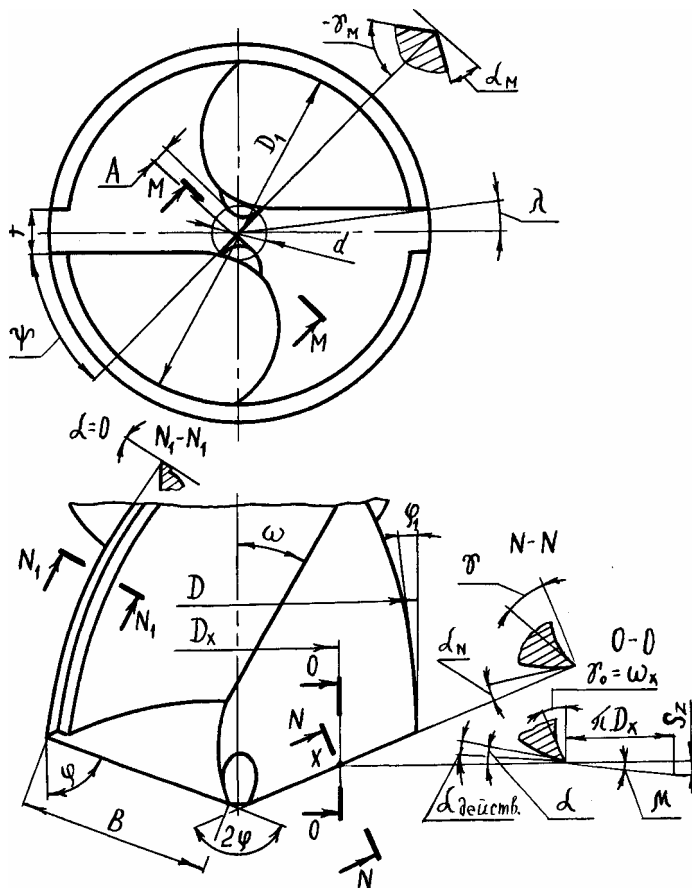


Рис. 2.1. Сверло

## 2.2. Проектирование зенкера [1, 2, 3, 14]

Исходные данные – см. для сверла.

1. Назначить диаметр зенкера и допуск на диаметр  $D$ .
2. Установить число канавок зенкера.
3. Определить профиль канавочной фрезы.
4. Назначить длину рабочей части зенкера  $l_p$ .
5. Выбрать геометрические параметры режущей части зенкера ( $W, \gamma, \alpha, \varphi, \lambda$ ), ширину ленточки  $f$  и обратный конус  $\varphi_1$ .

6. Рассчитать соединительную часть зенкера.
7. Выполнить чертеж зенкера с указанием технических требований. Параметры режущей части зенкера представлены на рис. 2.2.

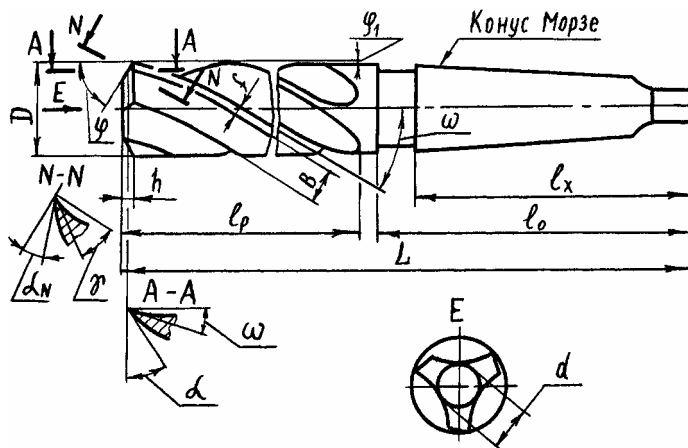


Рис. 2.2. Зенкер

### 2.3. Проектирование метчика [1, 2, 3, 14]

Исходные данные: диаметр резьбы, ее точность, шаг резьбы  $P$ ; материалы: метчика, обрабатываемой детали,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ .

1. Найти по ГОСТ основные размеры резьбы  $d$ ,  $d_2$ ,  $d_1$ ,  $P$ .
2. Выбрать степень точности метчика по ГОСТ и установить отклонения диаметров метчика  $d$ ,  $d_2$ ,  $d_1$ .
3. Определить:
  - а) допуски изготовления наружного и среднего диаметров резьбы метчика  $N$  и  $N_2$ ;
  - б) исполнительные размеры наружного диаметра  $d$ , среднего диаметра  $d_2$ , внутреннего диаметра  $d_1$  с указанием нижних отклонений, равных допускам изготовления размеров диаметров резьбы метчика  $N$  и  $N_2$ ;
  - в) отклонение половины угла профиля резьбы  $\pm\alpha'$ .
4. Установить габаритные размеры метчика  $L$  и  $l$ , диаметр торца  $d_T$ , длину режущей части  $l_1$  по ГОСТ.
5. Рассчитать угол в плане  $\varphi$ .

6. Установить вид стружкоотводных канавок (прямые, винтовые), число гребенек  $Z$ , профиль канавки и диаметр сердцевины метчика  $d_c$ .

7. Выбрать значения переднего и заднего углов  $\gamma$ ,  $\alpha$ .

8. Определить величину затылования  $K$ .

9. Выполнить чертеж метчика с техническими условиями на его изготовление.

Параметры метчика представлены на рис. 2.3.

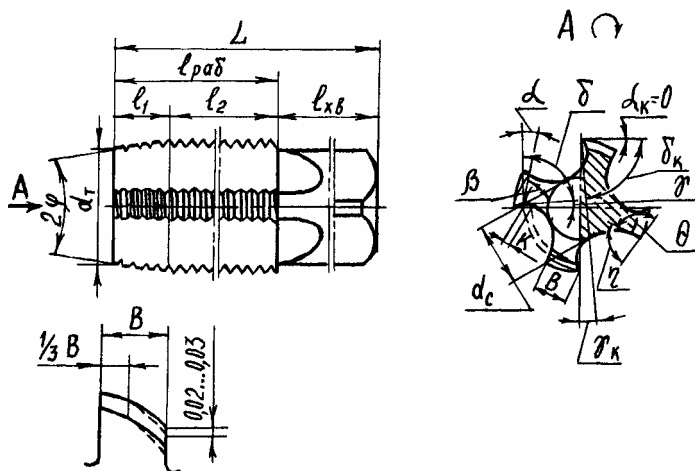


Рис. 2.3. Метчик

#### 2.4. Проектирование развертки [1, 2, 3, 14]

Исходные данные: характеристика отверстия ( $D$ , сквозное, глухое, с кольцевыми канавками или выточками); обрабатываемый материал  $HВ$ ,  $\sigma_B$ ; условия работы развертки (через кондукторную втулку или без нее); марка инструментальной стали, режимы резания ( $t$ ,  $S$ ,  $V$ ).

1. Установить исполнительные диаметры развертки  $D$ .

2. Выбрать размеры рабочей, режущей и калибрующей частей.

3. Определить диаметр шейки развертки и рассчитать хвостовик.

4. Определить число зубьев  $Z$ , угол режущей части  $2\varphi$ , междузубые канавки, их форму и разбивку по окружности, ширину ленточки  $f$ ,  $f_1$ , профиль зубьев, передний и задний углы  $\gamma$ ,  $\alpha$ , обратный конус, общую длину развертки  $L$ .

5. Выполнить чертеж развертки с техническими условиями на ее изготовление.

Параметры рабочей части развертки представлены на рис. 2.4.

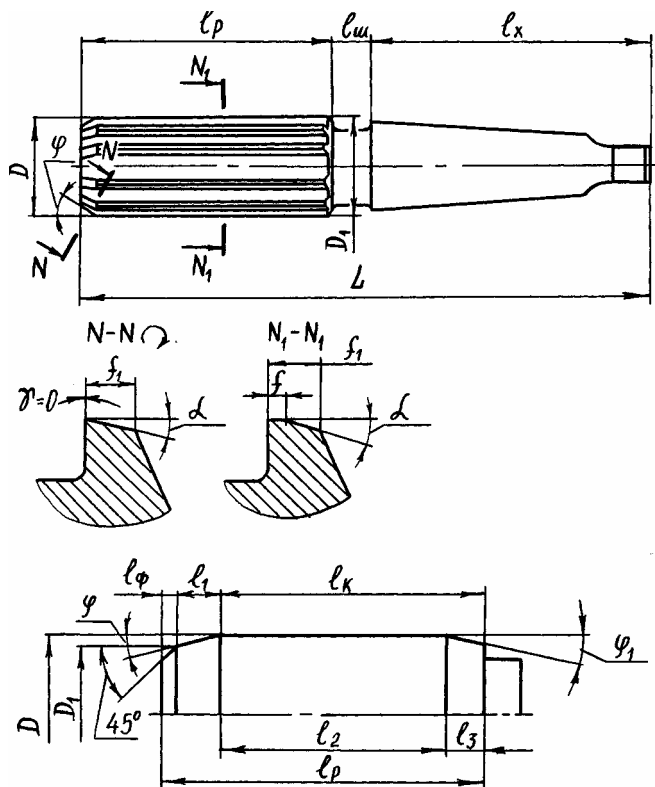


Рис. 2.4. Развертка

### 3. РАСЧЕТ ФРЕЗ

#### 3.1. Расчет цельных концевых фрез из быстрорежущих сталей [1, 3, 14]

Сущность расчета концевых фрез заключается в выборе геометрических параметров рабочей части и расчете соединительной части – хвостовика. В связи с тем, что направление винтовых канавок концевых фрез совпадает с направлением их вращения при резании,

возникающие при этом осевые составляющие силы резания стремятся вытянуть фрезу из оправки. Поэтому осевая сила  $P_0$  создается затяжкой болта.

Исходные данные: диаметр фрезы  $D$ , число зубьев  $Z$ , материал фрезы, обрабатываемый материал,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ , режимы резания  $V$ ,  $S$ ,  $t$ , модель станка.

При расчете определяются параметры:

1. Значения окружного шага зубьев (углы в градусах).
2. Необходимый размер конуса хвостовика.
3. Углы режущей части:
  - передние углы  $\gamma$ ,  $\gamma_1$ ;
  - задние углы  $\alpha_{п}$ ,  $\alpha_1$ ;
  - углы в плане  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_0$ ;
  - угол наклона винтовой канавки  $\omega$ ;
  - длина переходной кромки  $f_0$ .

Параметры фрезы показаны на рис. 3.1, а.

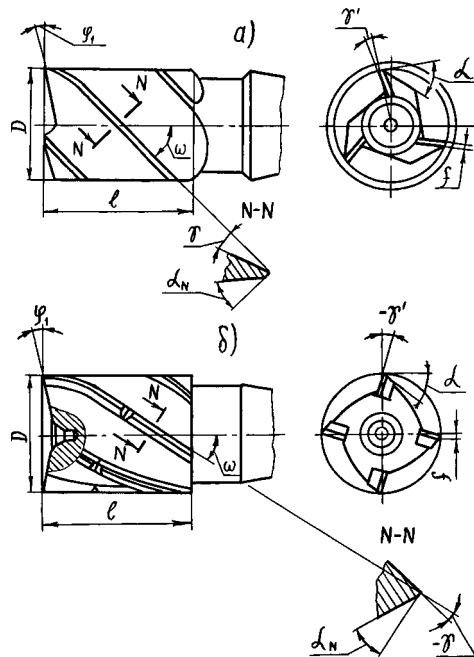


Рис. 3.1. Концевые фрезы: а) из быстрорежущих сталей; б) с винтовыми твердосплавными пластинками

### 3.2. Особенности расчета концевых фрез, оснащенных винтовыми твердосплавными пластинками [1, 14]

Исходные данные – см. п. 3.1.

При выборе углов режущей части необходимо дополнительно установить значения: переднего угла на фаске  $\gamma_f$ , заднего угла на переходной кромке  $\alpha_0$ , ширину ленточки  $f$ .

Остальные параметры фрезы рассчитываются по аналогии с п. 3.1.

Нужно иметь в виду, что эти концевые фрезы в 2 - 5 раз производительнее быстрорежущих.

Пример изображения фрезы представлен на рис. 3.1, б.

### 3.3. Фрезы торцовые концевые с механическим креплением пятигранных и круглых твердосплавных пластин [1, 3]

Параметры фрез выбираются по ГОСТ 22087-76 и ГОСТ 22088-76. Фрезы предназначаются для черновой и получистовой обработки изделий из конструкционных и легированных сталей.

Конструкции фрез представлены на рис. 3.2.

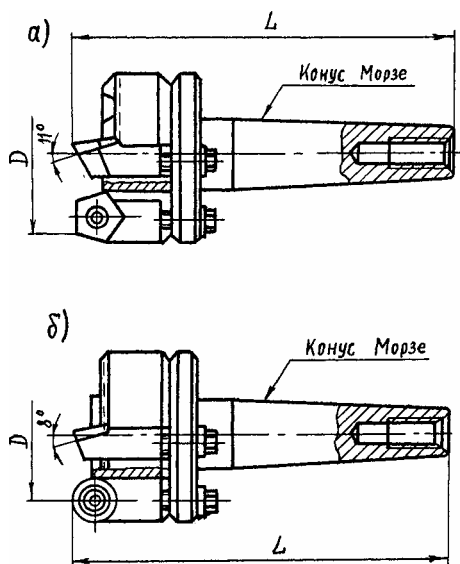


Рис. 3.2. Фрезы торцовые концевые с механическим креплением твердосплавных пластин: а) с пятигранными пластинами; б) с круглыми пластинами

Исходные данные: диаметр фрезы  $D$  с предельными отклонениями  $es$ ,  $ei$ , число зубьев  $z$ , длина фрезы  $L$  по ГОСТ, обрабатываемый материал,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ , номер пластины по ГОСТ, ее материал, режимы резания  $V$ ,  $S$ ,  $t$ .

1. Выбрать конструкцию и размеры деталей фрезы по ГОСТ.
2. Выполнить чертеж фрезы и обозначить фрезу по ГОСТ.

### 3.4. Конструирование дисковых фасонных фрез [1, 3, 14]

Исходные данные: обрабатываемый материал,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ , модель станка, режимы резания  $V$ ,  $S$ ,  $t$ , материал фрезы, профиль детали.

1. Выбрать диаметр оправки для фрезы  $d$ .
2. Установить высоту зуба фрезы  $H$  и толщину тела фрезы  $m$ .
3. Определить окружной шаг зубьев и их число  $S_{окр.}$ ,  $z$ ,  $\varphi$ .
4. Назначить передний и задний углы  $\gamma$  и  $\alpha$  (при наличии переднего угла профиль фасонной фрезы корректируют или переходят на незатылованный остроконечный зуб).
5. Определить наружный диаметр фрезы  $D$ .
6. Оформить чертеж с указанием технических условий на изготовление фрезы.

Пример изображения полукруглой фасонной фрезы см. на рис. 3.3.

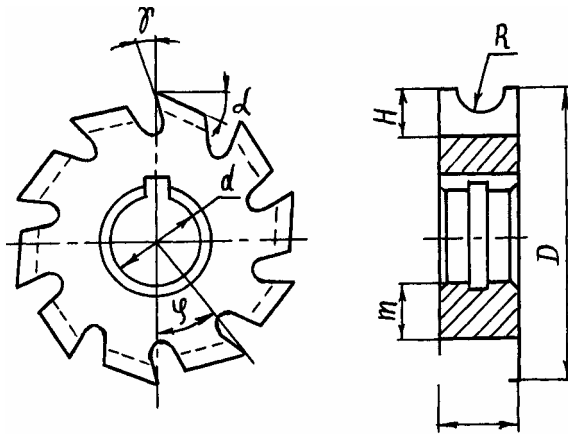


Рис. 3.3. Дисковая фасонная фреза

#### 4. РАСЧЕТ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ [1, 3, 14]

1. Сформулировать исходные данные, в том числе касающиеся профиля детали.
  2. Определить глубину профиля детали.
  3. Установить габаритные размеры резца и углы  $\gamma$ ,  $\alpha$ , радиусы  $R$ .
  4. Рассчитать профиль резца (аналитически или графически).
- Оформить чертеж резца с указанием технических условий на его изготовление.

На рис. 4.1 представлен круглый фасонный резец.

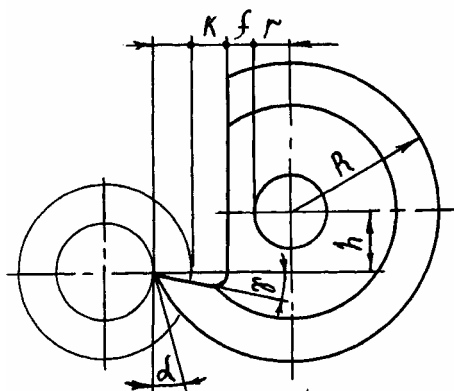


Рис. 4.1. Фасонный резец

#### 5. КОНСТРУИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ [1, 2]

Отдельные части инструмента рассчитываются, как обычные, а затем увязываются общие вопросы: обеспечение отвода стружки, тепла от режущих кромок, распределение нагрузок и др. В зависимости от характера работы инструмента (одновременная работа ступеней или последовательная) определяется максимальный крутящий момент резания и на этом основании размер хвостовика.

Режимы резания рассчитываются по наибольшей ступени исходя из периода стойкости этой ступени или ступени с лимитирующим износом.



Предпочтение следует отдавать сборным и составным комбинированным инструментам, допускающим восстановление при износе, а монолитным инструментам – допускающим наибольшее число переточек.

Число ступеней комбинированного инструмента не рекомендуется принимать больше пяти.

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБОРЕЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

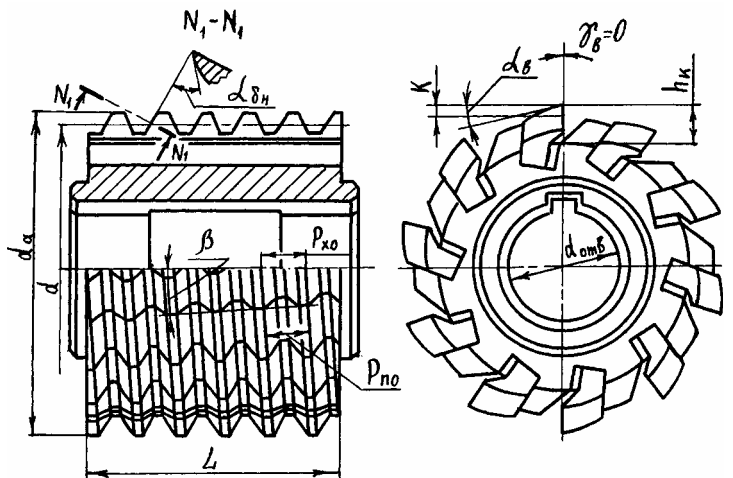
### 6.1. Проектирование сборной червячной фрезы [1, 3, 14]

Исходные данные: модуль  $m$ ; угол зацепления  $\alpha$ ; степень точности; материал детали,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ ; модель станка; максимальный диаметр червячной фрезы, допускаемый станком; материал режущей части и корпуса фрезы.

Определяются параметры червячной фрезы (см. рис. 6.1):

- шаг фрезы  $P_{\Pi}$  по нормали;
- толщина зуба в нормальном сечении  $S_{\Pi}$  на делительной прямой;
- высота головки некорригированного зуба  $h_a$ , ножки зуба  $h_f$  и полная высота  $h$ ;
- радиус закругления ножки зуба  $P_f$  и профиля головки  $\rho_a$ ;
- толщина зуба на вершине  $S_a$ ;
- канавка для выхода шлифовального круга (ширина, глубина, радиус скругления);
- угол наклона стружечной канавки  $\beta_0$ ;
- профильный угол (по таблице) при соответствующих значениях угла наклона стружечной канавки  $\beta_0$ ;
- элементы режущей части фрезы: передний угол  $\gamma_B$ , задний угол по вершине зубьев  $\alpha_B$ , углы на боковых сторонах профиля  $\alpha_\delta$ , число зубьев  $Z_0$ , величина затылования  $K$ , размеры канавки для размещения стружки  $h_K$ , угол стружечной канавки  $\theta$ , поперечное сечение ножа;
- диаметр корпуса (построить графически), минимальная длина рабочей части фрезы  $L$ , размеры буртиков, боковых колец и винтов, диаметр отверстия фрезы  $d_{отв.}$ , размеры продольной шпоночной канавки в отверстии;
- средний расчетный диаметр фрезы  $d_{расч.}$ ;

- угол наклона винтовой линии  $\beta_0$  (уточненный);
  - шаг винтовой линии  $h_{стр.}$ ;
  - шаг витков по оси  $P_x$ ;
  - угол наклона паза для ножа (равный  $\beta_0$ ).
- Выполнить чертеж фрезы и назначить допуски по ее классу.



Нормальное сечение

Осевое сечение

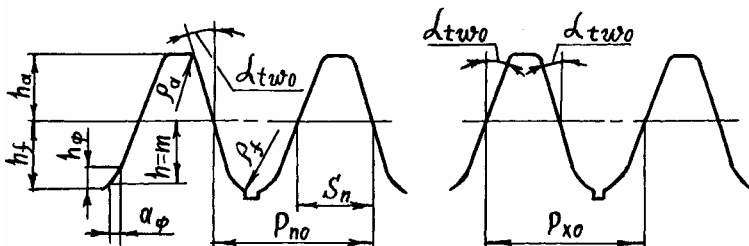


Рис. 6.1. Сборная червячная фреза

## 6.2. Проектирование червячной шлицевой фрезы [1, 14]

Исходные данные: параметры шлицев  $D_{нар.}$ ,  $D_{вн.}$ ,  $B$ ,  $n$ , фаска с наружным диаметром  $D_f$ , допуск наружного диаметра  $E_n$ , внутреннего  $E_1$ , допуск ширины шлица  $E$ , материал детали,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ , материал фрезы, модель станка.

Определяются параметры:

- расчетный наружный диаметр вала  $D_{\text{расч.}}$ ;
- внутренний расчетный диаметр  $D_{\text{вн. расч.}}$ ;
- расчетная ширина шлицев  $B_{\text{расч.}}$  с учетом допусков;
- радиус  $r_1$  начальной окружности изделия, угол  $\psi$  шлица;
- скорректированная величина радиуса начальной окружности с учетом принятого значения  $\psi$ ;
- выясняется возможность использования табл. 19.2 [9] и рассчитывается глубина шлица  $t$ ;
- координаты точек профиля фрезы (по табл. 19.2 [9]);
- по координатам точек профиля фрезы строится профиль зуба;
- значение нормального шага  $P_n$ ;
- наружный диаметр фрезы  $d_a$ ;
- число зубьев фрезы  $z_0$ ;
- величина затылования  $K$  (если зуб с двойным затылованием, то  $K_1 = 1,2 K$ );
- средний расчетный диаметр фрезы  $d$ ;
- угол наклона винтовой линии  $\sin \beta$ ;
- шаг винтовой канавки  $h_{\text{стр}}$  и шаг витков по оси  $P_x$ ;
- длина рабочей части  $L, L_1$ ;
- глубина канавки  $h_K$ ;
- угол впадины  $\theta$ .

Остальные параметры ( $d_{\text{отв.}}$ ,  $d_{\text{бурт.}}$ ,  $B_{\text{шл.кан.}}$ ) принимаются по ГОСТ. Элементы фрезы выполняются в соответствии с рис. 6.2.

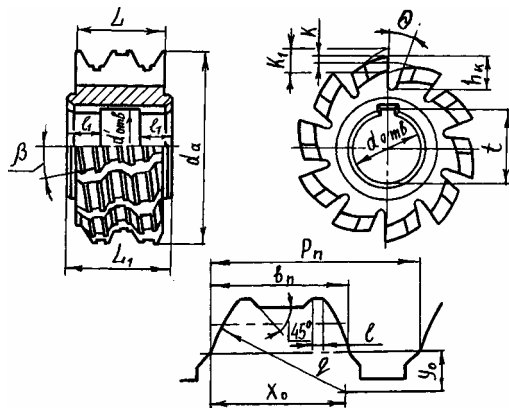


Рис. 6.2. Шлицевая червячная фреза

### 6.3. Проектирование долбяка [1, 3, 14]

Состав исходных данных см. в 6.1. Параметры долбяка, подлежащие определению:

- диаметр основной окружности  $d_B$ , боковой эвольвенты зуба;
- толщина зуба для черновых колес  $S'$  и  $S$  по делительной окружности  $S$ ;
- высота головки зуба долбяка  $h_a$ ;
- соотношение между параметрами  $x$ ,  $y'$  в плоскостях **Е-Е** и **С-С** при  $\gamma_B = 0$ ;

– в сечении **Е-Е** проставляются: высота головки зуба  $h_{aE}$ , высота ножки зуба  $h_{fE}$ , диаметр окружности выступов  $d_{aE}$ , диаметр окружности впадин  $d_{fE}$ , толщина зуба  $S_E$  и величина смещения исходного контура  $x_a$ ;

– по таблицам или графикам проверяется отсутствие подрезания зубьев и максимально допустимое изменение длины зуба  $\Delta_B$ .

Конструктивные параметры долбяка принимают по ГОСТ 9323-79, в соответствии с рис. 6.3, с простановкой допусков на его изготовление по принятому классу точности.

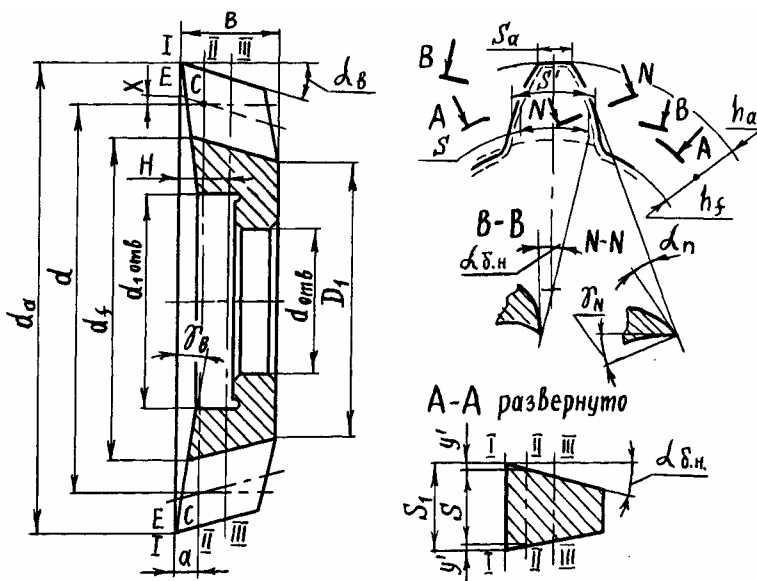


Рис. 6.3. Долбяк

## 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГРУППОВОЙ ШЛИЦЕВОЙ ПРОТЯЖКИ [1, 3, 14]

Исходные данные: материал детали,  $HВ$ ,  $\sigma_B$ , наружный диаметр шлицевого отверстия  $D$ , внутренний диаметр  $d$ , число шлиц  $n$ , ширина шлиц  $B$ , размер фасок на шлицах, длина протягиваемого отверстия, модель протяжного станка и его тяговая сила, наибольший ход ползуна, СОЖ, материалы режущей части протяжки и хвостовика, вид обработки отверстия до протягивания.

Параметры, подлежащие определению:

- припуск после предшествующей обработки отверстия, снимаемый цилиндрической частью протяжки  $A_{оц}$ ;
- диаметры калибрующих частей зубьев протяжки с учетом разбивания  $\delta$  для цилиндрических и шлицевых зубьев  $D_{в.ц}$  и  $D_{в.ш}$ ;
- ширина шлицевого выступа на протяжке  $B_{п}$ ;
- вариант расположения частей протяжки;
- угол фаски у основания шлицев  $\beta$  и высота фаски  $f$ ;
- размер  $M$  до фаски и диаметр  $d_{ф.}$ , на котором она заканчивается;
- диаметр последнего фасочного зуба  $d_{ф.п.}$ ;
- диаметр хвостовика  $D_1$ ;
- сила  $P_z$ , допускаемая прочностью хвостовика;
- шаг  $t$  и наибольшее число одновременно работающих круглых черновых зубьев  $z_i$  и профиль канавки;
  - максимальная глубина канавки  $h$  по допускаемой силе;
  - подъем на секцию черновых круглых зубьев  $S_{z.к}$  при коэффициенте заполнения  $K = 2,5 - 2,8$ ;
  - ширина промежутка в отверстии  $B_{п.д}$  между шлицевыми выступами по диаметру  $d$ ;
  - силы протягивания на черновых зубьях: а) на фасочной части  $P_{ф}$ ; б) на шлицевой части  $P_{ш}$ ; на цилиндрической части  $P_{ц}$ ; допускаемое напряжение на растяжение (при необходимости);
  - распределение припуска на диаметр между частями протяжки на чистовые и переходные зубья  $A_{о.ф.}$ ,  $A_{о.ш.}$ ,  $A_{о.ш.п.}$ , и  $A_{о.ш.ч.т}$ ;
  - подъем на зуб на секцию: а) для фасочной части; б) для шлицевых черновых секций, переходных и для чистовых зубьев; в) на цилиндрической части для черновых, переходных и чистовых;
  - шаги зубьев (секционных, чистовых и калибрующих)  $t_c$ ,  $t_ч$ ,  $t_к$ ;

- диаметры первых и последних зубьев: фасочных, шлицевых и калибрующих  $d_{\text{ф}}, d_{\text{ф.п.}}, d_{\text{ш1}}, d_{\text{ш.п.}}, d_{\text{ц1}}, d_{\text{ц.п.}}$ ;
- число секций и зубьев в фасочной, шлицевой и цилиндрической частях протяжки:  $i_{\text{ч.ф.}}, i_{\text{ч.ш.}}, i_{\text{ч.ц.}}, Z_{\text{ф}}, Z_{\text{ч.ш.}}, Z_{\text{ч.т.ш.}}$ ;
- количество калибрующих зубьев на шлицевой и калибрующей частях протяжки  $Z_{\text{к.ш.}}$  и  $Z_{\text{к.ц.}}$ ;
- длина режущих и калибрующих секций для фасочной, шлицевой и цилиндрической частей протяжки:  $l_{\text{ф.}}, l_{\text{ш.}}, l_{\text{ц.}}$ ;
- длина рабочей части протяжки  $l_{\text{раб.}}$  с учетом увеличенных шагов на стыках секций;
- геометрические параметры зубьев  $\gamma$  и  $\alpha$  черновых, переходных, чистовых и калибрующих;
- количество  $N_{\text{ч.ф.}}$  и радиусы выкружек  $B_{\text{г}}$ ;
- диаметры впадин  $d_{\text{в.п.}}$  между фасочными и шлицевыми выступами;
- диаметры  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_7$  и длина гладких частей протяжки,  $l_{\text{с.в.}}$ ;
- общая длина протяжки  $L_{\text{пр.}}$ ;
- вид и размеры центровых отверстий.

Рассчитать протяжку на прочность.

Выполнить рабочий чертеж протяжки с техническими условиями на ее изготовление.

Параметры протяжки – см. [12].

Примеры комбинированной групповой шлицевой протяжки – см. [9], а также на рис. 7.1.

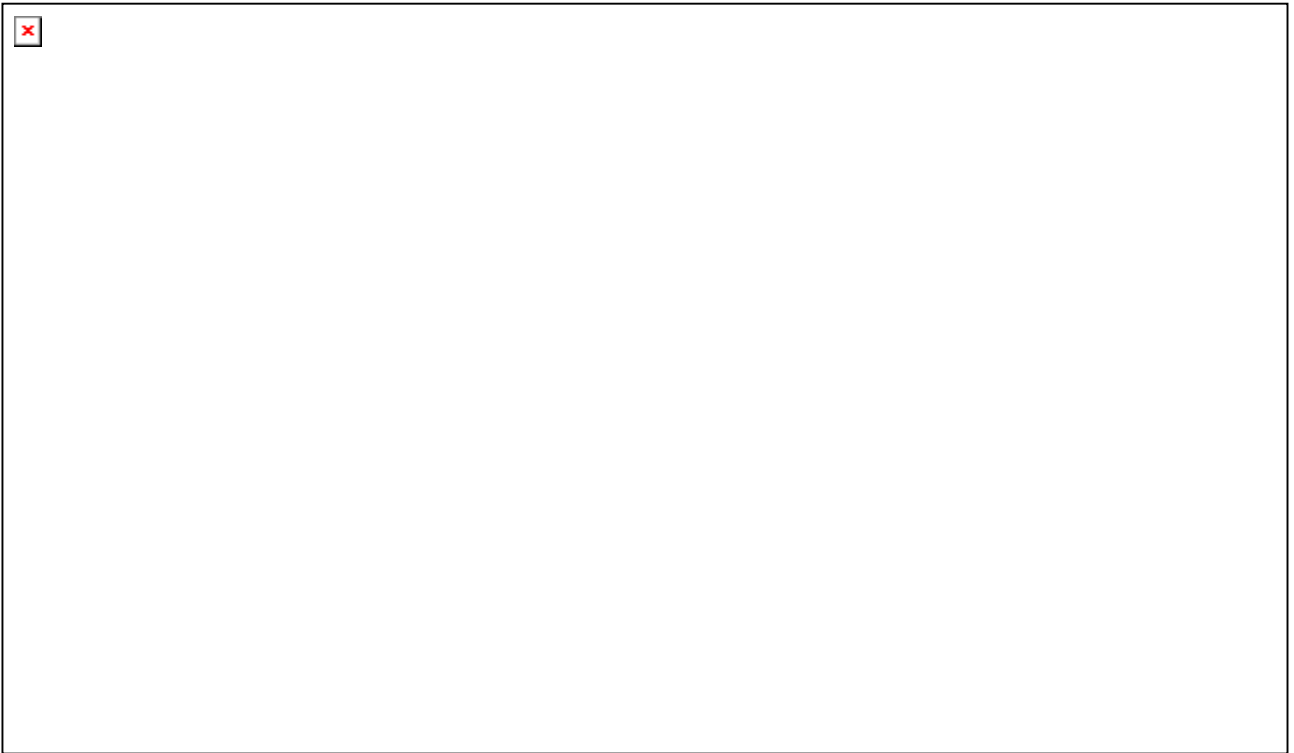


Рис. Комбинированная групповая шлицевая протяжка

## 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБКАТЫВАНИЯ И РАСКАТЫВАНИЯ [1]

Исходные данные: диаметр обрабатываемой поверхности  $D_d$ , требуемая ее точность и шероховатость, материал заготовки, НВ,  $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ , способ подачи инструмента (принудительная подача или самоподача).

1. Режимы обработки: скорость  $V = 30 - 150$  м/мин, принудительная подача инструмента назначается по табл. 8, с. 396 [10]. При самоподаче инструмента ее значение определяется по формуле

$$S_c = \pi D t g \omega,$$

где  $D$  – диаметр раскатки;

$\omega$  – угол установки ролика относительно оси вращения раскатки ( $0^\circ 20' - 1^\circ 30'$ ).

2. Усилие, соответствующее пределу выносливости материала детали (без перенаклепа и шелушения поверхности):

$$P_B = 10 \left( 50 + \frac{D_d^2}{6} \right) \cdot H,$$

где  $D_d$  – диаметр упрочняемой поверхности детали.

3. Глубина наклепанного слоя для крупных деталей должна находиться в пределах  $0,02R_d \leq h_n \leq 0,10 R_d$  ( $R_d$  – радиус детали).

4. Требуемое усилие  $P_H$ , обеспечивающее получение наклепанного слоя глубиной  $h_n$ , определяют по формуле

$$P_H = 2h_n^2 \cdot \sigma_T \cdot m^2, H;$$

$$m = 1 + 0,07 \left( 1 / \frac{1}{R_{пр.}} + \frac{1}{D_p} + \frac{1}{R_d} - \frac{1}{R} \right),$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести материала детали;

$m$  – поправочный коэффициент, учитывающий кривизну контактирующих поверхностей;



$R_{пр}$  – профильный радиус ролика ( $R_{пр} = 0,8 - 16,0$  мм);  
 $D_p$  – диаметр ролика;  
 $R$  – радиус профиля детали в осевом сечении (для цилиндра равен  $\infty$ ).

Рабочее усилие обкатывания  $P$  обычно принимают в пределах

$$1,5 P_{0,05} \leq P \leq 3,0 P_{0,05},$$

где  $P_{0,05}$  – усилие, обеспечивающее получение наклепанного слоя глубиной  $h_n = 0,05R_d$ ;

$R_d$  – радиус упрочняемой поверхности детали.

5. С учетом требуемой шероховатости, точности, диаметра обрабатываемой поверхности, жесткости инструмента определяется его натяг  $i$ :

$$i = 0,03 - 0,3 \text{ мм.}$$

6. Параметры раскаток и режимы обработки деталей из чугуна представлены в табл. 10, с. 397 [10].

7. Детали раскатки обрабатывают по 5-му качеству и  $R_a = 0,2 - 0,4$ .

8. Конструкции инструментов представлены в ГОСТ 16343-70, ГОСТ 16344-70, ГОСТ 17573-72, ГОСТ 17574-72, а схема установки ролика в инструменте – на рис. 8.1.

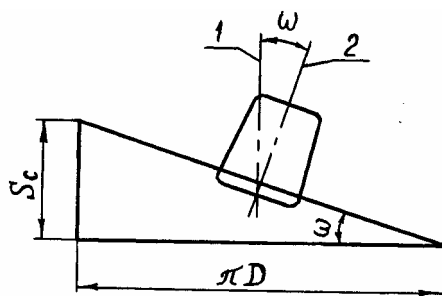


Рис. 8.1. Схема установки ролика в инструменте:  
1) – ось инструмента; 2) – ось ролика

## Литература

1. Алексеев Г. А., Аршинов В. А., Кричевская Р. М. Конструирование инструмента. – М.: Машиностроение, 1979. – 384 с.
2. Жигалко Н. И., Киселев В. В. Проектирование и производство режущих инструментов. – Мн.: Выш. школа, 1975. – 400 с.
3. Иноземцев Г. Г. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
4. Нефедов Н. А., Осипов К. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
5. Родин П. Е. Металлорежущие инструменты. – Киев: Вища школа, 1986. – 452 с.
6. Романов В. Ф. Расчеты зуборезных инструментов. – М.: Машиностроение, 1969. – 251 с.
7. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Под ред. Г.Н.Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
8. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущего инструмента. – М.: Машгиз, 1963. – 952 с.
9. Справочник металлиста. В 5 т. Т. 3 / Под ред. А.Н.Малова. – М.: Машиностроение, 1977. – 560 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
11. Четвериков С. С. Металлорежущие инструменты (проектирование и производство). – М.: Высш. школа, 1965. – 730 с.
12. Щеголев А. В. Конструирование протяжек. – М.: Машгиз, 1960. – 352 с.
13. Юдинов М. И., Горбунов Б. И., Колесов Н. В. Проектирование и производство режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1987. – 295 с.
14. Ящерицын П. И., Еременко М. Л., Жигалко Н. И. Основы резания материалов и режущий инструмент. – Мн.: Выш. школа, 1981. – 560 с.

## Содержание

В в е д е н и е. . . . .	3
1. РАСЧЕТ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА. . . . .	4
1.1. Расчет фрикционной соединительной части хвостового инструмента, снабженного конусом Морзе. . . . .	4
1.2. Расчет жесткого крепления (на примере квадратного хвостовика). . . . .	6
1.3. Расчет комбинированного крепления инструмента (на примере крепления оправки фрезы в шпинделе станка). . . . .	6
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХВОСТОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ. . . . .	7
2.1. Проектирование сверла. . . . .	7
2.2. Проектирование зенкера. . . . .	8
2.3. Проектирование метчика. . . . .	9
2.4. Проектирование развертки. . . . .	10
3. РАСЧЕТ ФРЕЗ. . . . .	11
3.1. Расчет цельных концевых фрез из быстрорежущих сталей. . . . .	11
3.2. Особенности расчета концевых фрез, оснащенных винтовыми твердосплавными пластинками. . . . .	13
3.3. Фрезы торцовые концевые с механическим креплением пятигранных и круглых твердосплавных пластин. . . . .	13
3.4. Конструирование дисковых фасонных фрез. . . . .	14
4. РАСЧЕТ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ. . . . .	15
5. КОНСТРУИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ. . . . .	15
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБОРЕЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ. . . . .	16
6.1. Проектирование сборной червячной фрезы. . . . .	16
6.2. Проектирование червячной шлицевой фрезы. . . . .	17
6.3. Проектирование долбяка. . . . .	19
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГРУППОВОЙ ШЛИЦЕВОЙ ПРОТЯЖКИ. . . . .	20
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБКАТЫВАНИЯ И РАСКАТЫВАНИЯ. . . . .	23
Л и т е р а т у р а. . . . .	25

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
В КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТАХ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания  
для студентов специальности 36 01 01 –  
«Технология машиностроения»

Составители: РОМАНЕНКО Владимир Иванович  
ШКРЕД Виктор Андреевич

Редактор Т.Н.Микулик. Корректор М.П.Антонова  
Компьютерная верстка Н.А.Школьниковой

---

Подписано в печать 09.01.2003.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 100. Заказ 443.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ №155 от 30.01.98. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.