

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра «Металорізальні верстати та системи»

## **ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА**

### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**до виконання практичних робіт**  
для студентів освітнього рівня «Бакалавр»  
спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та  
133 "Галузеве машинобудування"

Затверджено на засіданні кафедри  
«Металорізальні верстати та системи»  
Протокол № 04 від 01.11.2019 р.

Кропивницький

2020

**Проектування та виробництво різального інструмента.** Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування" / Укл.: О.В. Лисенко, П.М. Єрьомін – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 48 с.

Укладачі: Лисенко О.В. – канд. техн. наук, доцент;

Єрьомін П.М. – канд. техн. наук, старш. викладач

Рецензент: Щербина К.К. – канд. техн. наук, старш. викладач

© Центральноукраїнський національний технічний університет

© Лисенко О.В., Єрьомін П.М.

## **ВСТУП**

Різальний інструмент продовжує залишатись важливою ланкою технологічної оброблювальної системи у виробництві. Технологічні можливості обробних центрів постійно зростають, тому саме можливості різального інструменту стають визначальними у забезпеченні високої якості та продуктивності обробки.

Для фахівця у галузі металообробки важливо знати і володіти навичками проектування та виробництва різального інструменту. Тому метою вивчення навчальної дисципліни «Проектування та виробництво різального інструмента» є формування у студентів вміння розв'язувати такі типові задачі:

- визначення типової конструкції різального інструмента;
- графічне та аналітичне визначення профілю різальної кромки стандартного різального інструмента;
- проектування конструкції стандартного різального інструмента за існуючими методиками;
- розрахунок складових різального інструмента на міцність;
- особливості конструкції та застосування різального та допоміжного інструмента в автоматизованому виробництві.

Практична частина з дисципліни «Проектування та виробництво різального інструмента» складається з шести робіт та призначена для закріплення на практиці теоретичного матеріалу.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

**Тема:** Розрахунок та проектування токарного різця

**Завдання:** Для заданих умов обробки розрахувати та спроектувати конструкцію токарного різця.

### Порядок виконання практичної роботи:

1. Ознайомитись з наведеним прикладом розрахунку токарного різця;
2. Згідно з прикладом, виконати розрахунок токарного різця для заданих умов обробки;
3. Виконати ескіз розрахованого інструменту;
4. Оформити звіт з практичної роботи;
5. Захистити звіт, відповісти на наведені контрольні запитання.

**Завдання:** Розрахувати прохідний токарний різець з твердого сплаву для чорнового обточування валу (Сталь 45 ГОСТ 1050, межа міцності  $\sigma_b = 750 \text{ МПа} = 750 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ). Діаметр заготовки  $D = 80 \text{ мм}$ , припуск на обробку (на сторону)  $h = 3 \text{ мм}$ , подача  $s = 0,3 \text{ мм/об}$ , виліт різця  $L = 60 \text{ мм}$ .

### Порядок розрахунку токарного різця:

1. Матеріалом для державки різця обираємо Сталь 50 ГОСТ 1050 з межею міцності  $\sigma_b = 650 \text{ МПа} = 650 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  та допустимим напруженням на вигін  $\sigma_u = 200 \text{ МПа} = 200 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ .
2. Визначаємо тангенціальну складову сили різання  $P_z$ :

$$P_z = 9,81 C_{P_z} t^{X_{P_z}} s^{Y_{P_z}} k_{P_z}. \quad (1.1)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (1.1) отримаємо:

$$P_z = 9,81 \cdot 191 \cdot 3 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 1 \approx 2300 H. \quad (1.2)$$

3. Ширину прямокутної державки для чорнового точіння обираємо так:

$$H = 1,6B. \quad (1.3)$$

Ширина прямокутної державки згідно з рекомендаціями [1]:

$$B = \sqrt[3]{\frac{6P_z L}{(1,6)^2 \sigma_u}}. \quad (1.4)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (1.4) отримаємо:

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 2300 \cdot 0,060}{2,56 \cdot 200 \cdot 10^6}} \approx 0,01631 \text{ м} \approx 16,31 \text{ мм}. \quad (1.5)$$

Згідно з ГОСТ 6743 приймаємо наступне значення ширини державки різця:

$$B = 16 \text{ мм}. \quad (1.6)$$

З врахуванням (1.3) та (1.4) отримаємо:

$$H = 1,6 \cdot 16 = 25,6 \text{ мм}. \quad (1.7)$$

Згідно з ГОСТ 6743 приймаємо наступне значення висоти державки різця:

$$H = 25 \text{ мм}. \quad (1.8)$$

4. Перевіряємо на жорсткість та міцність державку різця.

4.1. згідно з рекомендаціями, що наведені в [7], визначаємо максимально допустиме навантаження на державку різця:

$$P_{Z\text{дон}} = \frac{BH^2 \sigma_u}{6L}. \quad (1.9)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (1.9) отримаємо:

$$P_{Z\text{дон}} = \frac{(16 \cdot 10^{-3}) \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (200 \cdot 10^6)}{6 \cdot (60 \cdot 10^{-3})} \approx 5550 \text{ Н}. \quad (1.10)$$

4.2. Згідно з рекомендаціями, що наведені в [7], визначаємо максимальне навантаження, що допускається державкою різця:

$$P_{Z\text{жорст}} = \frac{3fEJ}{L^3}. \quad (1.11)$$

Згідно з рекомендаціями, що наведені в [7], визначаємо момент інерції прямокутного перерізу державки різця:

$$J = \frac{BH^3}{12}. \quad (1.12)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (12) отримаємо:

$$J = \frac{(16 \cdot 10^{-3}) \cdot (25 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,08 \cdot 10^{-8} \text{ м}. \quad (1.13)$$

Після підстановки необхідних даних та (1.13) у формулу (1.11) отримаємо:

$$P_{зжорст} = \frac{3 \cdot (0,01) \cdot (2 \cdot 10^{11}) \cdot (2,08 \cdot 10^{-8})}{(60 \cdot 10^{-3})^3} = 5770 \text{ Н} . \quad (1.14)$$

5. Робимо висновок про результати проектного розрахунку державки різця.

Проектована державка різця має достатню міцність та жорсткість:

$$P_{Z \text{ доп}} = 5550 \text{ Н} > P_Z = 2320 \text{ Н} < P_{Z \text{ жорст}} = 5770 \text{ Н} .$$

### **Зміст звіту:**

У звіті навести вихідні дані до розрахунку, оформити розрахунок інструменту, згідно прикладу, ескіз спроектованої конструкції інструменту. Завершити звіт висновками.

### **Контрольні запитання:**

1. Яке співвідношення висоти Н до ширини В державки рекомендовано для чорнового точіння?
2. Як приймаються значення висоти Н та ширини В державки токарного різця?
3. Як визначається максимально допустиме навантаження на державку різця токарного різця?
4. Як визначається максимальне навантаження, що допускається державкою токарного різця?
5. Як розраховується ширина прямокутної державки токарного різця?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

**Тема:** Проектний розрахунок круглого фасонного різця

**Завдання:** Для заданих умов обробки розрахувати та спроектувати конструкцію круглого фасонного токарного різця.

### Порядок виконання практичної роботи:

1. Ознайомитись з наведеним прикладом розрахунку фасонного різця;
2. Згідно з прикладом, виконати розрахунок фасонного різця для заданих умов обробки;
3. Виконати ескіз розрахованого інструменту;
4. Оформити звіт з практичної роботи;
5. Захистити звіт, відповісти на наведені контрольні запитання.

**Завдання:** Виконати проектний розрахунок круглого фасонного різця з швидкорізальної сталі Р6М5, який встановлено базовою точкою 1 на висоті центру деталі (рис. 2.1), для чистової обробки валу (Сталь 45 ГОСТ 1050, межа міцності  $\sigma_b = 750 \text{ МПа} = 750 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  [7]).

Розміри деталі (рис. 2.2):

$$\ell_1 = 18 \text{ мм}, \ell_2 = 26 \text{ мм}, \ell_3 = 38 \text{ мм}, \ell_4 = 18 \text{ мм},$$

$$r_1 = 15 \text{ мм}, r_2 = r_1 + \ell_1 \sin(30^\circ) = 15 + 18 \cdot 0.5 = 24 \text{ мм},$$

$$r_3 = 29 \text{ мм}, r_4 = 29 \text{ мм}, r_5 = 22 \text{ мм}, r_6 = 20 \text{ мм}.$$

### Проектний розрахунок круглого фасонного різця:

Визначаємо передній та задній кут круглого фасонного різця з швидкорізальної сталі Р6М5 у базовій точці [1, с. 113]:

– передній кут  $\gamma_1 = 20^\circ$ ;

– задній кут  $\alpha_1 = 12^\circ$ .



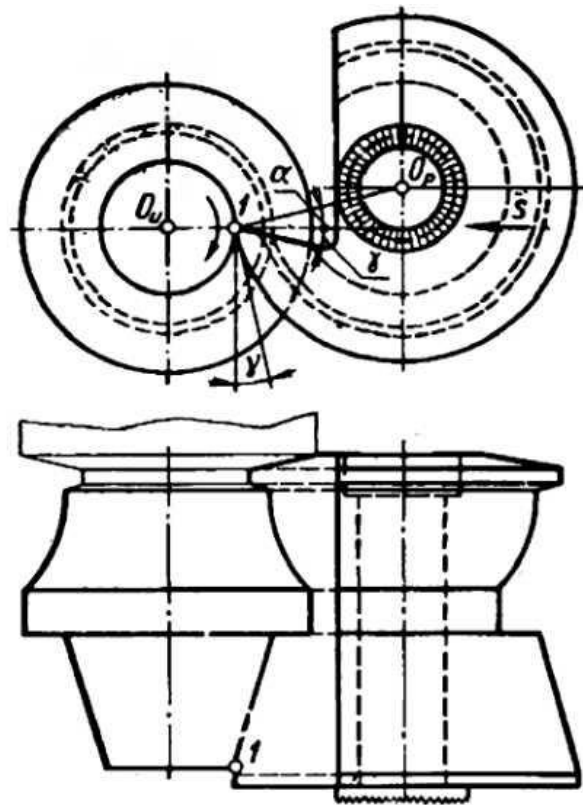


Рис. 2.1. Круглий фасонний різець, який встановлено базовою точкою 1 по висоті центру заготовки [1]

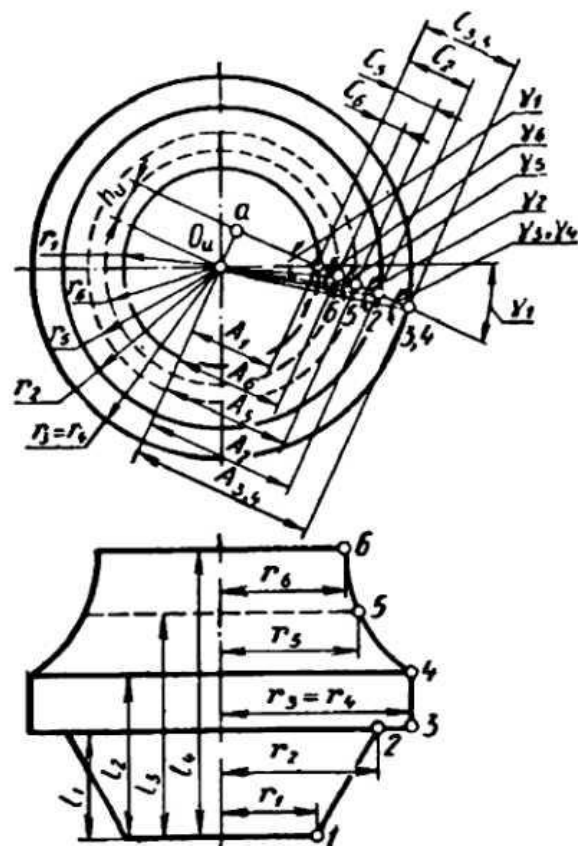


Рис. 2.2. Схема для корегувального розрахунку круглого фасонного різця, який встановлено базовою точкою 1 на висоті центру деталі [1]

Відстань між центром деталі та передньою поверхнею круглого фасонного різця визначається так [1]:

$$h_u = r_1 \sin(\gamma_1). \quad (2.1)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.1) отримаємо:

$$h_u = 15 \sin(20^\circ) \approx 5,130 \text{ мм} . \quad (2.2)$$

Відстань від центру деталі до базової точки 1 визначається так [1]:

$$A_1 = r_1 \cos(\gamma_1). \quad (2.3)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.3) отримаємо:

$$A_1 = 15 \cos(20^\circ) \approx 14,095 \text{ мм} . \quad (2.4)$$

Передній кут у вузловій точці 2 розраховується так [1]:

$$\gamma_2 = \arcsin\left(\frac{h_u}{r_2}\right). \quad (2.5)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.5) отримаємо:

$$\gamma_2 = \arcsin\left(\frac{5,130}{24,000}\right) \approx 12^\circ 20' 32'' . \quad (2.6)$$

Відстань від центру деталі до вузлової точки 2 визначається так [1]:

$$A_2 = r_2 \cos(\gamma_2). \quad (2.7)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.7) отримаємо:

$$A_2 = 24,000 \cos(12^\circ 20' 32'') \approx 23,445 \text{ мм} . \quad (2.8)$$

Відстань вздовж передньої поверхні від базової точки 1 до вузлової точки 2 визначається так [2]:

$$C_2 = A_2 - A_1 . \quad (2.9)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.9) отримаємо:

$$C_2 = A_2 - A_1 = 23,445 - 14,095 = 9,350 \text{ мм} . \quad (2.10)$$

Передній кут у вузловій точці 3 розраховується так [1]:

$$\gamma_3 = \arcsin\left(\frac{h_u}{r_3}\right) . \quad (2.11)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.11) отримаємо:

$$\gamma_3 = \arcsin\left(\frac{5,130}{29,000}\right) \approx 10^\circ 11' 20'' . \quad (2.12)$$

Відстань від центру деталі до вузлової точки 3 визначається так [1]:

$$A_3 = r_3 \cos(\gamma_3) . \quad (2.13)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.13) отримаємо:

$$A_3 = 29,000 \cos(10^\circ 11' 20'') \approx 28,543 \text{ мм} . \quad (2.14)$$

Відстань вздовж передньої поверхні від базової точки 1 до вузлової точки 3 визначається так [1]:

$$C_3 = A_3 - A_1 . \quad (2.15)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.15) отримаємо:

$$C_3 = 28,543 - 14,095 = 14,448 \text{ мм} . \quad (2.16)$$

Передній кут у вузловій точці 4 розраховується так [1]:

$$\gamma_4 = \arcsin\left(\frac{h_u}{r_4}\right). \quad (2.17)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.17) отримаємо:

$$\gamma_4 = \arcsin\left(\frac{5,130}{29,000}\right) \approx 10^\circ 11' 20'' . \quad (2.18)$$

Відстань від центру деталі до вузлової точки 4 визначається так [1]:

$$A_4 = r_4 \cos(\gamma_4). \quad (2.19)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.19) отримаємо:

$$A_4 = 29,000 \cos(10^\circ 11' 20'') \approx 28,543 \text{ мм} . \quad (2.20)$$

Відстань вздовж передньої поверхні від базової точки 1 до вузлової точки 4 визначається так [1]:

$$C_4 = A_4 - A_1. \quad (2.21)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.21) отримаємо:

$$C_4 = 28,543 - 14,095 = 14,448 \text{ мм} . \quad (2.22)$$

Передній кут у вузловій точці 5 розраховується так [1]:

$$\gamma_5 = \arcsin\left(\frac{h_u}{r_5}\right). \quad (2.23)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.24) отримаємо:

$$\gamma_5 = \arcsin\left(\frac{5,130}{22,000}\right) \approx 13^\circ 29' 05''. \quad (2.24)$$

Відстань від центру деталі до вузлової точки 5 визначається так [1]:

$$A_5 = r_5 \cos(\gamma_5). \quad (2.25)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.25) отримаємо:

$$A_5 = 22,000 \cos(13^\circ 29' 05'') \approx 21,394 \text{ мм}. \quad (2.26)$$

Відстань вздовж передньої поверхні від базової точки 1 до вузлової точки 5 визначається так [1]:

$$C_5 = A_5 - A_1. \quad (2.27)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.27) отримаємо:

$$C_5 = 21,394 - 14,095 = 7,299 \text{ мм}. \quad (2.28)$$

Передній кут у вузловій точці 6 розраховується так [1]:

$$\gamma_6 = \arcsin\left(\frac{h_u}{r_6}\right). \quad (2.29)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.29) отримаємо:

$$\gamma_6 = \arcsin\left(\frac{5,130}{20,000}\right) \approx 14^\circ 51' 45'' . \quad (2.30)$$

Відстань від центру деталі до вузлової точки 6 визначається так [1]:

$$A_6 = r_6 \cos(\gamma_6). \quad (2.31)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.31) отримаємо:

$$A_6 = 20,000 \cos(14^\circ 51' 45'') \approx 19,331 \text{ мм} . \quad (2.32)$$

Відстань вздовж передньої поверхні від базової точки 1 до вузлової точки 6 визначається так [1]:

$$C_6 = A_6 - A_1. \quad (2.33)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.33) отримаємо:

$$C_6 = 19,331 - 14,095 = 5,236 \text{ мм} . \quad (2.34)$$

Визначимо найбільший радіус круглого фасонного різця.

Найбільший радіус круглого фасонного різця визначається так [1]:

$$R_1 > q + e + f + r_0, \quad (2.35)$$

де  $q$  – перепад профілю деталі (відстань між найбільш віддаленою та найбільш наближеною до центру деталі вузловими точками);

$e$  – глибина заточування ( $e = 8 \dots 12$  мм [1]);

$f$  – товщина стінки ( $f = 5 \dots 8$  мм [1]);

$r_0$  – радіус посадочного отвору, який обирається з стандартизованого ряду значень діаметрів посадочних отворів відповідно до рекомендацій, що наведені в [7].

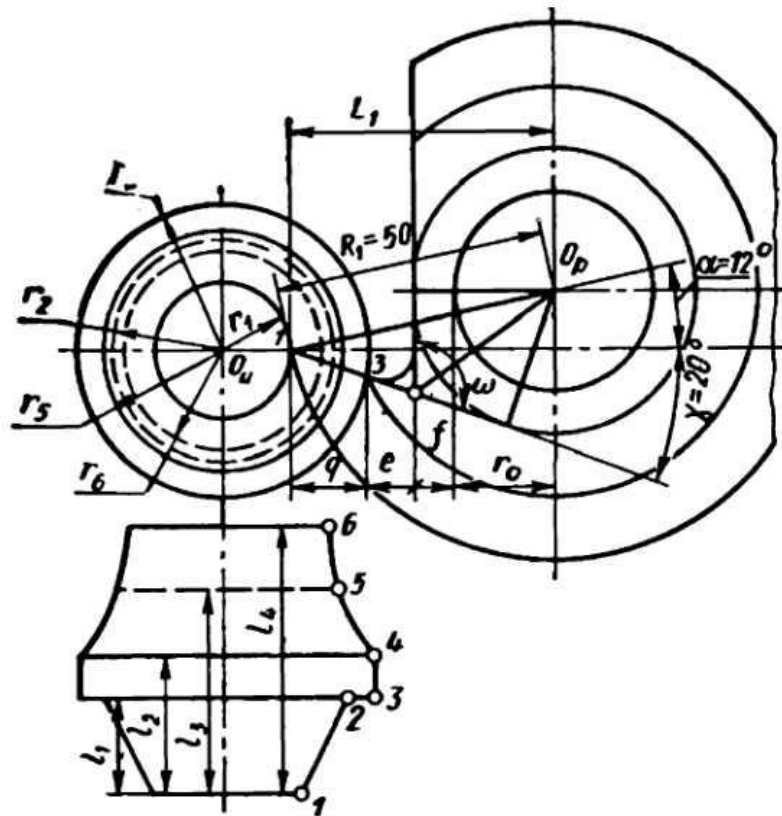


Рис. 2.3. Схема для визначення найбільшого радіусу круглого фасонного різця [1]

Перепад профілю деталі визначаємо так:

$$q = r_3 - r_1. \quad (2.36)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.36) отримаємо:

$$q = 29,000 - 15,000 = 14,000 \text{ мм}. \quad (2.37)$$

З конструктивних міркувань приймаємо глибину заточування  $e = 10$  мм.

З конструктивних міркувань приймаємо товщину стінки  $f = 8$  мм.

Радіус посадочного отвору  $r_0 = 16$  мм обираємо з стандартизованого ряду значень діаметрів посадочних отворів відповідно до рекомендацій, наведених у роботі [7].

Після підстановки відповідних значень до (2.35) отримаємо:

$$R_1 > 14 + 10 + 8 + 16 \text{ мм}. \quad (2.38)$$

Для подальших розрахунків приймаємо найбільший радіус круглого фасонного різця з врахуванням діаметру кругів з швидкорізальної сталі відповідно до рекомендацій, що наведені в [7]:

$$R_1 = 50 \text{ мм.} \quad (2.39)$$

Визначимо радіуси круглого фасонного різця у вузлових точках (рис. 2.4). Сума переднього та заднього кутів у базовій точці 1 визначається так [1]:

$$\varepsilon_1 = \alpha_1 + \gamma_1. \quad (2.40)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.40) отримаємо:

$$\varepsilon_1 = 12^\circ + 20^\circ = 32^\circ. \quad (2.41)$$

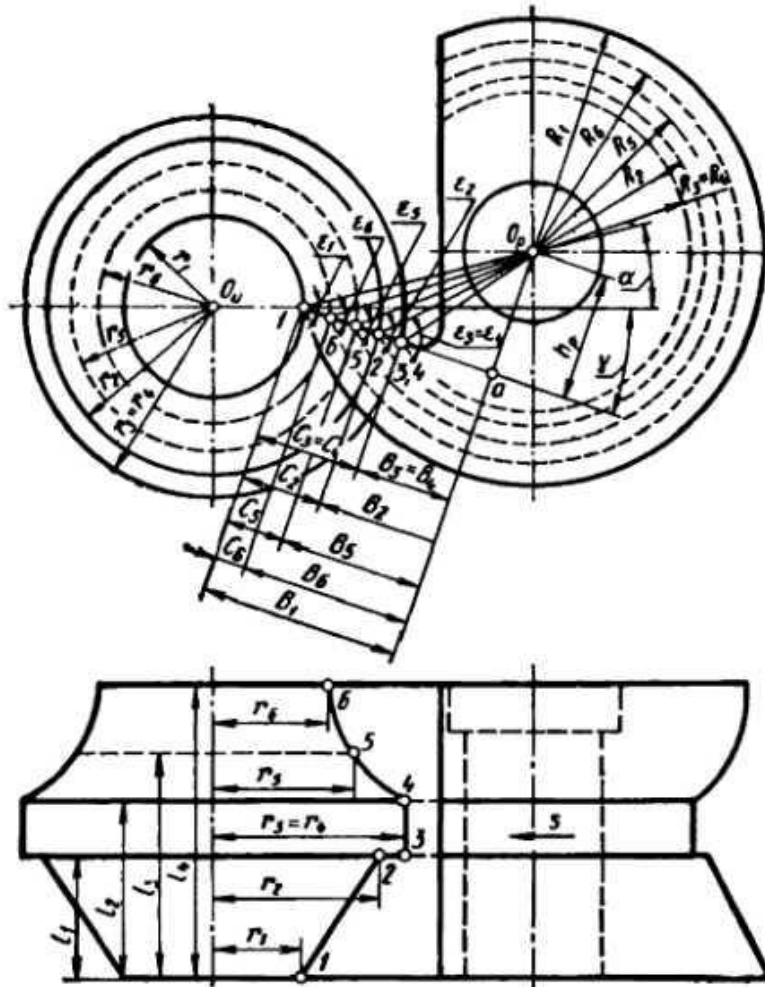


Рис. 2.4. Схема для визначення радіусів круглого фасонного різця у вузлових точках [1]



Відстань між центром круглого фасонного різця та його передньою поверхнею визначається так [1]:

$$h_p = R_1 \sin(\varepsilon_1). \quad (2.42)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.42) отримаємо:

$$h_p = 50,000 \sin(32^\circ) \approx 26,496 \text{ мм}. \quad (2.43)$$

Відстань вздовж передньої поверхні між проекцією на неї центру круглого фасонного різця та точкою різального леза, що обробляє деталь в базовій точці 1 визначається так [1]:

$$B_1 = R_1 \cos(\varepsilon_1). \quad (2.44)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.44) отримаємо:

$$B_1 = 50,000 \cos(32^\circ) \approx 42,402 \text{ мм}. \quad (2.45)$$

Відстань вздовж передньої поверхні між проекцією на неї центру круглого фасонного різця та точкою різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 2 визначається так [1]:

$$B_2 = B_1 - C_2. \quad (2.46)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.46) отримаємо:

$$B_2 = 42,402 - 9,350 = 33,052 \text{ мм}. \quad (2.47)$$

Сума переднього та заднього кутів у вузловій точці 2 визначається так [1]:

$$\varepsilon_2 = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_p}{B_2}\right). \quad (2.48)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.48) отримаємо:

$$\varepsilon_2 = \operatorname{arctg}\left(\frac{26,496}{33,052}\right) \approx 38^\circ 43' 04''. \quad (2.49)$$

Радіус круглого фасонного різця у точці різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 2 визначається так [1]:

$$R_2 = \frac{h_p}{\sin(\varepsilon_2)}. \quad (2.50)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.51) отримаємо:

$$R_2 = \frac{26,496}{\sin(38^\circ 43' 04'')} \approx 42,362 \text{ мм}. \quad (2.51)$$

Відстань вздовж передньої поверхні між проекцією на неї центру круглого фасонного різця та точкою різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 3 визначається так [1]:

$$B_3 = B_1 - C_3. \quad (2.52)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.52) отримаємо:

$$B_3 = 42,402 - 14,448 = 27,954 \text{ мм}. \quad (2.53)$$

Сума переднього та заднього кутів у вузловій точці 3 визначається так [1]:

$$\varepsilon_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_p}{B_3}\right). \quad (2.54)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.54) отримаємо:

$$\varepsilon_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{26,496}{27,954}\right) \approx 43^\circ 28' 00''. \quad (2.55)$$

Радіус круглого фасонного різця у точці різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 3 визначається так [1]:

$$R_3 = \frac{h_p}{\sin(\varepsilon_3)}. \quad (2.56)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.56) отримаємо:

$$R_3 = \frac{26,496}{\sin(43^\circ 28' 00'')} \approx 38,516 \text{ мм}. \quad (2.572)$$

Відстань вздовж передньої поверхні між проекцією на неї центру круглого фасонного різця та точкою різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 4 визначається так [1]:

$$B_4 = B_1 - C_4. \quad (2.58)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.58) отримаємо:

$$B_4 = 42,402 - 14,448 = 27,954 \text{ мм}. \quad (2.59)$$

Сума переднього та заднього кутів у вузловій точці 4 визначається так [1]:

$$\varepsilon_4 = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_p}{B_4}\right). \quad (2.60)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.60) отримаємо:

$$\varepsilon_4 = \operatorname{arctg}\left(\frac{26,496}{27,954}\right) \approx 43^\circ 28' 00''. \quad (2.60)$$

Радіус круглого фасонного різця у точці різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 4 визначається так [1]:

$$R_4 = \frac{h_p}{\sin(\varepsilon_4)}. \quad (2.61)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.61) отримаємо:

$$R_4 = \frac{26,496}{\sin(43^\circ 28' 00'')} \approx 38,516 \text{ мм}. \quad (2.62)$$

Відстань вздовж передньої поверхні між проекцією на неї центру круглого фасонного різця та точкою різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 5 визначається так [1]:

$$B_5 = B_1 - C_5. \quad (2.63)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.63) отримаємо:

$$B_5 = 42,402 - 7,299 = 35,103 \text{ мм}. \quad (2.64)$$

Сума переднього та заднього кутів у вузловій точці 5 визначається так [1]:

$$\varepsilon_5 = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_p}{B_5}\right). \quad (2.65)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.65) отримаємо:

$$\varepsilon_5 = \operatorname{arctg}\left(\frac{26,496}{35,103}\right) \approx 37^\circ 02' 44''. \quad (2.66)$$

Радіус круглого фасонного різця у точці різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 5 визначається так [1]:

$$R_5 = \frac{h_p}{\sin(\varepsilon_5)}. \quad (2.67)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.67) отримаємо:

$$R_5 = \frac{26,46}{\sin(37^\circ 02' 44'')} \approx 43,979 \text{ мм}. \quad (2.68)$$

Відстань вздовж передньої поверхні між проекцією на неї центру круглого фасонного різця та точкою різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 6 визначається так [1]:

$$B_6 = B_1 - C_6. \quad (2.69)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.69) отримаємо:

$$B_6 = 42,402 - 5,236 = 37,166 \text{ мм}. \quad (2.70)$$

Сума переднього та заднього кутів у вузловій точці 6 визначається так [1]:

$$\varepsilon_6 = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_p}{B_6}\right). \quad (2.71)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.71) отримаємо:

$$\varepsilon_6 = \operatorname{arctg}\left(\frac{26,496}{37,166}\right) \approx 35^\circ 29' 07'' . \quad (2.72)$$

Радіус круглого фасонного різця у точці різального леза, що обробляє деталь у вузловій точці 6 визначається так [1]:

$$R_6 = \frac{h_p}{\sin(\varepsilon_6)} . \quad (2.73)$$

Після підстановки відповідних значень до (2.73) отримаємо:

$$R_6 = \frac{26,496}{\sin(35^\circ 29' 07'')} \approx 45,643 \text{ мм} . \quad (2.74)$$

Таким чином, проектний розрахунок круглого фасонного різця виконано.

### **Зміст звіту:**

У звіті навести вихідні дані до розрахунку, оформити розрахунок інструменту, згідно прикладу, ескіз спроектованої конструкції інструменту. Завершити звіт висновками.

### **Контрольні запитання:**

1. Наведіть визначення базової точки фасонного леза.
2. Чим відрізняється базова точка від інших вузлових точок?
3. Як змінюється передній кут у вузлових точках під час наближення до бази кріплення круглого фасонного різця?
4. Як призначається значення переднього та заднього кута круглого фасонного різця?
5. Як розраховується максимальний радіус круглого фасонного різця?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

**Тема:** Визначення розмірів робочої частини розвертки

**Завдання:** Для заданих умов обробки розрахувати та спроектувати конструкцію робочої частини розвертки.

### Порядок виконання практичної роботи:

1. Ознайомитись з наведеним прикладом розрахунку робочої частини розвертки;
2. Згідно з прикладом, виконати розрахунок робочої частини розвертки для заданих умов обробки;
3. Виконати ескіз розрахованого інструменту;
4. Оформити звіт з практичної роботи;
5. Захистити звіт, відповісти на наведені контрольні запитання.

**Завдання:** Визначити розміри робочої частини складеної насадної розвертки з вставними ножами, що оснащені пластинками з твердого сплаву, для обробки наскрізного отвору з діаметром  $D_0 = 55H7$  в заготовці з сталі 40ХН (межа міцності  $\sigma_b = 1050 \text{ МПа}$ ). Діаметр попередньо обробленого отвору  $d = 54,65 \text{ мм}$ .

### Розрахунок розмірів робочої частини складеної насадної розвертки з вставними ножами, що оснащені пластинками з твердого сплаву

1. Визначаємо виконавчі діаметри робочої частини розвертки для оброблюваного отвору з  $D_0 = 55H7$ .

Поле допуску IT на оброблюваний отвір  $D_0 = 55^{(+0,035)} \text{ мм}$  дорівнює  $IT = +0,035 \text{ мм}$ , тобто  $D_{0\text{max}} = 55,035 \text{ мм}$ , а  $D_{0\text{min}} = 55,000 \text{ мм}$ .

Максимальний діаметр розвертки розраховується так [2]:

$$D_{\max} = D_{0\max} - 0,15 \cdot IT. \quad (3.1)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (3.1) отримаємо:

$$D_{\max} = 55,035 - 0,15 \cdot 0,035 \approx 55,035 - 0,006 \approx 55,029 \text{ мм}. \quad (3.2)$$

Мінімальний діаметр розвертки розраховується так [2]:

$$D_{\min} = D_{\max} - 0,35 \cdot IT. \quad (3.3)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (3.3) отримаємо:

$$D_{\min} = 55,029 - 0,35 \cdot 0,035 \approx 55,029 - 0,013 \approx 55,016 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

2. Габаритні розміри розвертки приймаємо відповідно до ГОСТ 11176.

3. Конструкцію кріплення ножів у корпусі приймаємо як клиновидні рифлені ножі (рис. 3.1). Основні розміри ножів, пазів у корпусі розвертки та розмірів профілю рифлень приймаємо відповідно до ГОСТ 2568.

4. Зворотну конусність на довжині ножа приймаємо такою, що дорівнює 0,05 мм.

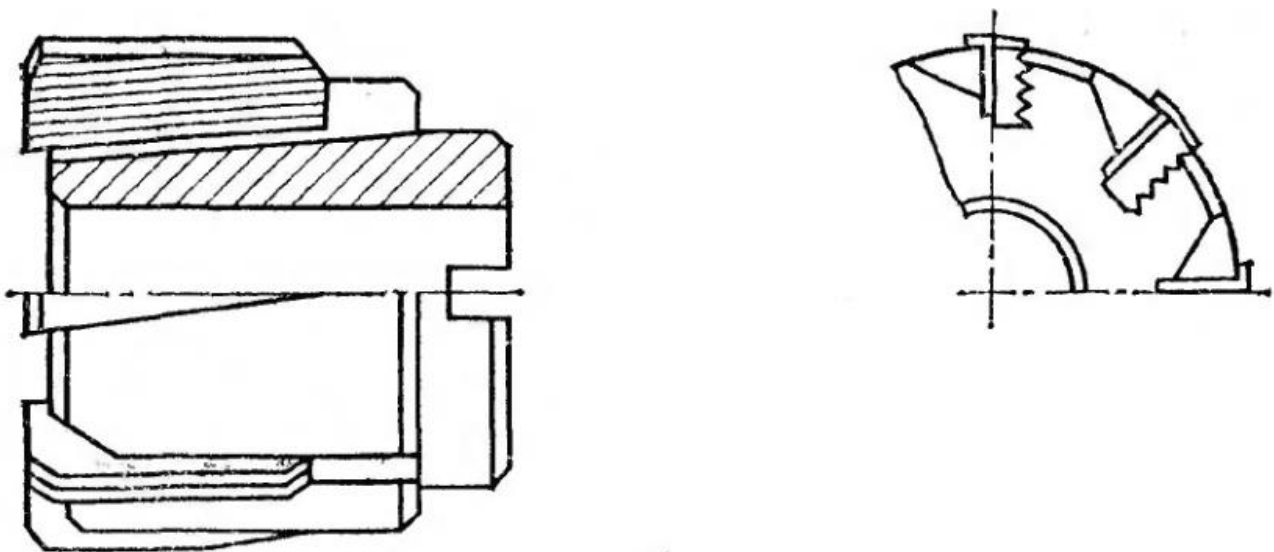


Рис. 3.1. Схема кріплення клиновидних рифлених ножів складеної розвертки [1]



5. Твердий сплав пластини для обробки сталі 40ХН приймаємо Т15К6 форми 26 відповідно до ГОСТ 25425. В якості припою призначаємо латунь Л68. Для корпусів розвертки та ножів приймаємо сталь 40Х ГОСТ 4543.

6. Геометричні елементи леза робочої частини розвертки приймаємо такі:

- головний кут в плані  $\varphi = 45^\circ$ ;
- передній кут  $\gamma = 5^\circ$ ;
- задній кут на головній різальній крайці (забірна частина)  $\alpha = 8^\circ$ ;
- задній кут на допоміжній різальній крайці (периферія)  $\alpha = 10^\circ$ ;
- задній кут на спинці ножа  $\alpha_c = 20^\circ$ ;
- ширина стрічки  $f = 0,2 \dots 0,25$  мм.

7. Довжина забірної частини розвертки розраховується так [2]:

$$l_1 = \frac{D_0 - D_2}{2} \operatorname{ctg}(\varphi) + m, \quad (3.5)$$

де  $D_2$  – діаметр заборної частини, мм;

$m$  – довжина напрямного конуса ( $m = 1 \dots 3$ ), мм.

Діаметр заборної частини розраховується так [2]:

$$D_2 = D_0 - (2,6 \dots 2,8)h, \quad (3.6)$$

де  $h$  – величина припуску на сторону, мм.

Визначаємо величину припуску на сторону:

$$h = \frac{D_{\max} - d}{2} = \frac{55,029 - 54,650}{2} = 0,1895 \approx 0,19 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (4.6) отримаємо:

$$D_2 = 55 - (2,6 \dots 2,8)0,19 = 55 - 2,6 \cdot 0,19 = 55 - 0,494 = 54,506 \approx 54,51 \text{ мм.} \quad (3.8)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (3.5) отримаємо:

$$l_1 = \frac{55 - 54,51}{2} \operatorname{ctg}(45^\circ) + 1 \dots 3 = 0,245 + 2 = 2,245 \approx 2,5 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

8. Визначаємо число зубців розвертки [2]:

$$z = 1,5\sqrt{D_0} + 2. \quad (3.10)$$

Після підстановки необхідних даних у формулу (3.10) отримаємо:

$$z = 1,5\sqrt{55} + 2 = 13,124 \approx 14. \quad (3.11)$$

З конструктивних міркувань для забезпечення достатньої міцності кріплення ножів у корпусі остаточно приймаємо число ножів  $z = 10$ .

9. Обираємо кутовий крок зубців розвертки:  $\omega_1 = 33^\circ 15'$ ,  $\omega_2 = 34^\circ 32'$ ,  $\omega_3 = 36^\circ 00'$ ,  $\omega_4 = 37^\circ 28'$ ,  $\omega_5 = 38^\circ 45'$ .

10. Розміри конічного отвору та шпонкового пазу обираємо відповідно до ГОСТ 9472; конусність отвору 1:30; діаметр отвору  $d = 22$  мм; ширина паза  $b = 7,4H13^{(+0,18)}$  мм; глибина паза  $\ell = 7,6H13^{(+0,18)}$  мм; радіус паза  $R = 1 \dots 3,7$  мм; допуск зміщення осі паза  $z = 0,1$  мм.

Кут нахилу конічного отвору  $\alpha = 57^\circ 17'$ . Допуск на кут нахилу  $\frac{\delta}{2} = 1^\circ 15'$ ,

або  $\frac{a}{2} = 0,0045$  мм.

### **Зміст звіту:**

У звіті навести вихідні дані до розрахунку, оформити розрахунок інструменту, згідно прикладу, ескіз спроектованої конструкції інструменту. Завершити звіт висновками.

### **Контрольні запитання**

1. Як розраховується максимальний діаметр розвертки?
2. Як розраховується мінімальний діаметр розвертки?
3. Як визначається число зубців розвертки?
4. Як визначається довжина забірної частини розвертки?
5. Які Ви знаєте особливості вибору кутового кроку зубців розвертки?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4**

**Тема:** Розрахунок круглої шліцьової протяжки

**Завдання:** Для заданих умов обробки розрахувати та спроектувати конструкцію круглої прямобічної шліцьової протяжки.

### **Порядок виконання практичної роботи:**

1. Ознайомитись з наведеним прикладом розрахунку круглої шліцьової протяжки;
2. Згідно з прикладом, виконати розрахунок круглої шліцьової протяжки для заданих умов обробки;
3. Виконати ескіз розрахованого інструменту;
4. Оформити звіт з практичної роботи;
5. Захистити звіт, відповісти на наведені контрольні запитання.

**Завдання:** розрахувати геометричні та конструктивні параметри прямобічної шліцьової протяжки для значень вихідних даних, приведених у табл. 4.1. відповідно варіанту. Значення вихідних даних не наведених в таблиці 4.1 прийняти самостійно.

Прямобічні шліцьові протяжки, що шліфуються за профілем з підйомом заднього центру, мають високу стійкість зважаючи на відсутність на них бічних стрічок з нульовими задніми кутами.

При шліфуванні протяжок з підйомом заднього центру кругом однокутової заправки ширина шліцьових зубів по вершинах повинна бути постійної на всій довжині протяжки.

Для цього кроки і подачі всіх чорнових або розширюючих зубів (ділянка 1) також повинні бути однаковими.

Таблиця 4.1

№ варіанту	$D_B = 2R_B$	$d_1 = 2r_1$	$d_3 = 2r_3$	$\ell$	$n$	$b$	$f$	$r$	матеріал
1	22,6	23	26	20,5	6	6	0,3	0,2	Ст 20
2	25,6	26	30	24	6	6	0,3	0,2	Ст 45
3	27,6	28	32	25	6	7	0,3	0,2	Ст 20X
4	31,5	32	36	23	8	6	0,4	0,3	Ст 20
5	35,5	36	40	30	8	7	0,4	0,3	Ст 35
6	41,5	42	46	35	8	8	0,4	0,3	Ст 15
7	45,5	46	50	30	8	9	0,4	0,3	Ст 50
8	51,5	52	58	30	8	10	0,5	0,5	СЧ 15-32
9	55,5	56	62	40	8	10	0,5	0,5	Ст 20
10	61,5	62	58	35	8	12	0,5	0,5	Ст 45
11	10,6	11	14	15	6	3	0,3	0,2	Ст 20X
12	12,6	13	16	17	6	3,5	0,3	0,2	Ст 35
13	15,6	16	20	20	6	4	0,3	0,2	Ст 12
14	17,6	18	22	22	6	5	0,3	0,2	Ст 50
15	20,6	21	25	20	6	5	0,3	0,2	Ст 20
16	22,6	23	28	25	6	6	0,3	0,2	Ст 40X
17	25,6	26	32	25	6	6	0,4	0,3	Ст 45
18	27,6	28	34	30	6	7	0,4	0,3	Ст 20X
19	31,5	32	38	30	8	6	0,4	0,3	Ст 35
20	35,5	36	42	30	8	7	0,4	0,5	Ст 15
21	41,5	42	48	30	8	8	0,4	0,2	Ст 50
22	45,5	46	54	15	8	9	0,5	0,5	СЧ 15-32
23	15,6	16	20	15	10	2,5	0,3	0,3	Ст 20
24	17,6	18	23	20	10	3	0,3	0,2	Ст 40X
25	20,6	21	26	20	10	3	0,3	0,5	Ст 45
26	22,6	23	29	22	10	4	0,3	0,2	Ст 20X
27	25,6	26	32	25	10	4	0,4	0,2	Ст 35
28	27,6	28	35	25	10	4	0,4	0,3	Ст 15
29	31,5	32	40	28	10	5	0,4	0,3	Ст 20
30	35,5	35	45	30	10	5	0,4	0,5	Ст 40X

У разі неможливості досягнення постійної ширини шліців на всіх зубах при однокутовій заправці шліфувального круга зважаючи на наявність різних кроків і подач на ділянках 1 і 2 (для протяжок другого проходу) такі протяжки шліфуються довкола двохкутової заправки [5].

Суть розрахунку полягає у визначенні допустимої величини зрізування ширини шліців протяжки (рис. 4.1, 4.2).

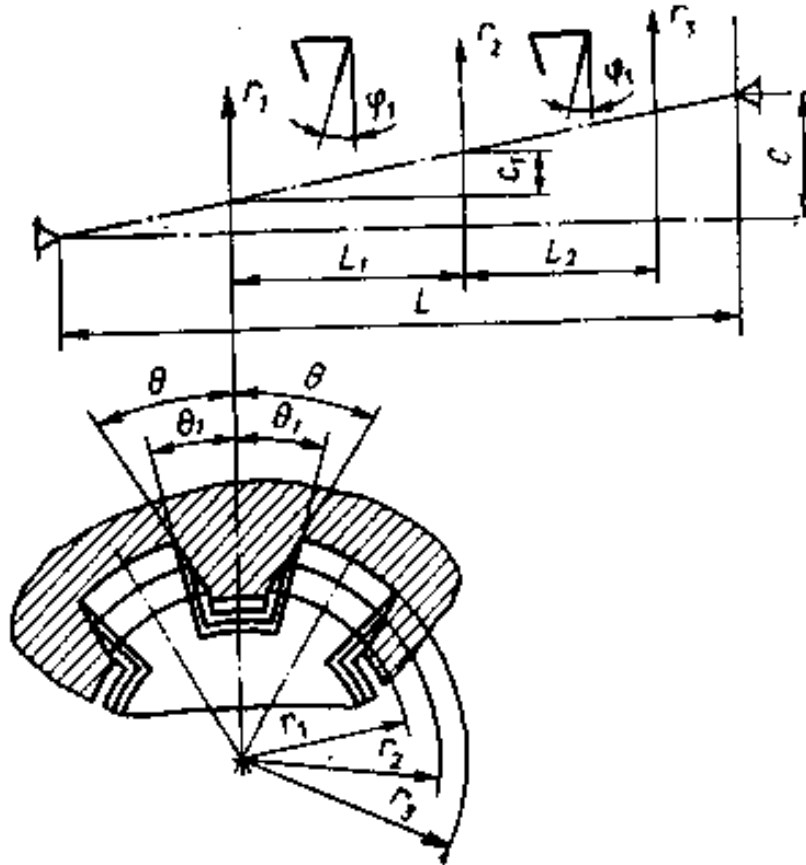


Рис. 4.1. Геометричні та конструктивні параметри круглої шліцьової протяжки

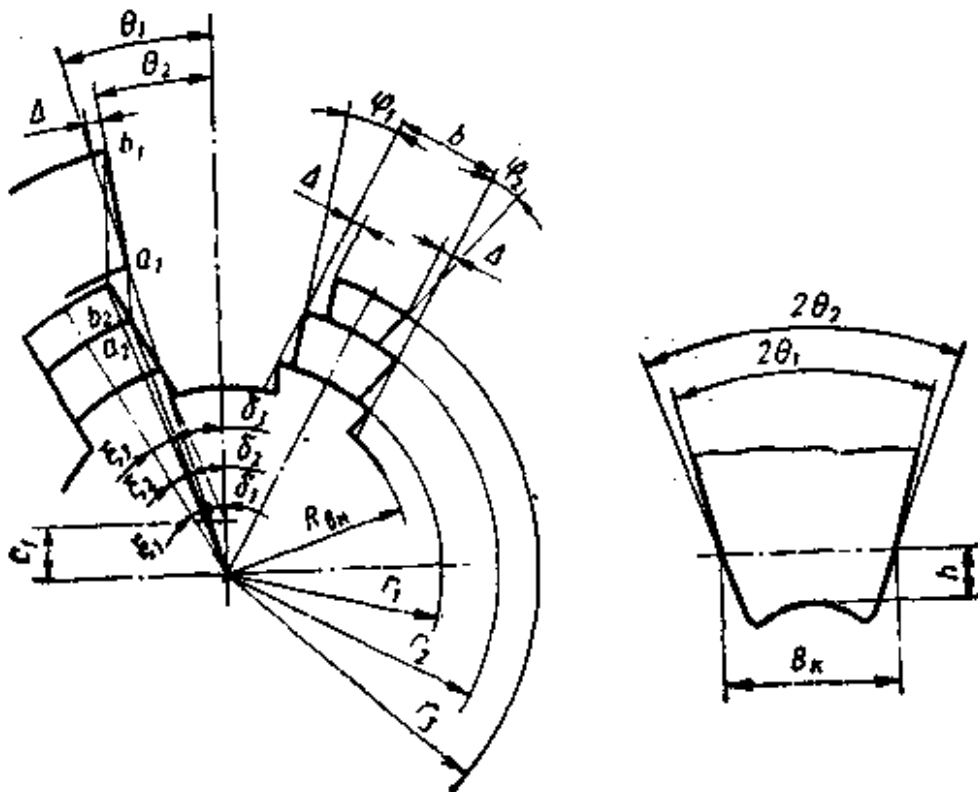


Рис. 4.2. Профіль різальної частини прямобічної шліцьової протяжки

**Вихідними для розрахунку є величини (рис. 4.1, 4.2):**  $L$  – загальна довжина протяжки;  $L_1$  – довжина ділянки чорнових або розширюючих шліцьових зубів;  $L_2$  – довжина ділянки перехідних і чистових шліцьових зубів (або заглиблюючих зубів);  $r_1$  – радіус 1-го чорнового або розширюючого шліцьового зуба;  $r_2$  – радіус останнього чорнового або розширюючого шліцьового зуба;  $r_3$  – радіус останнього чистового або заглиблюючого шліцьового зуба;  $n$  – число шліців деталі;  $b$  – розрахункова ширина шліца протяжки;  $\varphi_1$  – кут бічного піднутрення профілю зубів протяжки на ділянці 1;  $r$  – радіус в кутках шліцьового паза виробу;  $R_e$  – внутрішній радіус 1-го чорнового або розширюючого шліцьового зуба.

### **Проектний розрахунок круглї прямобічної шліцьовї протяжки:**

Розрахунок геометричних параметрів шліцьовї протяжки є розрахунком наступних величин [4].

1. Половина кута профілю зуба шліцьового отвору виробу

$$\theta = \frac{180^\circ}{n}.$$

2. Половина кута профілю западини на ділянці 1 протяжки

$$\theta_1 = \theta - \varphi_1.$$

3. Коефіцієнт для протяжки, що шліфується з підйомом заднього центру

$$\lambda = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \theta}.$$

4. Кут між віссю симетрії шліца і лінією, яка дорівнює радіусу  $r_1$ , що проходить через точку, яка лежить на бічній стороні шліца

$$\sin \xi_1 = \frac{b}{2r_1}.$$

5. Кут між віссю симетрії шліца і лінією, яка дорівнює радіусу  $r_2$ , що проходить через точку, яка лежить на бічній стороні шліца

$$\sin \xi_2 = \frac{b}{2r_2}.$$

6. Кут між віссю симетрії шліца і лінією, яка дорівнює радіусу  $r_2$ , що проходить через точку, яка лежить на бічній стороні шліца

$$\sin \xi_3 = \frac{b}{2r_3}.$$

7. Величина підйому заднього центру на ділянці 1.

$$c_1 = \lambda(r_2 \cos \xi_2 - r_1 \cos \xi_1).$$

8. Величина підйому заднього центру протяжки

$$c = c_1 \frac{L}{L_1}.$$

9. Кут між віссю симетрії западин і лінією, яка дорівнює радіусу  $r_2$ , що проходить через точку, яка лежить на бічній стороні шліца

$$\delta_2 = \theta - \xi_2.$$

10. Кут між віссю симетрії западини і лінією, яка дорівнює радіусу  $r_3$ , що проходить через точку, яка лежить на бічній стороні шліца

$$\delta_3 = \theta - \xi_3.$$

11. Половина кута профілю западини на ділянці 2 протяжки (див. рис. 4.1)

$$\text{ctg} \theta_2 = \frac{c_1 L_1}{L_1 (r_3 \sin \delta_3 - r_2 \sin \delta_2)} + \text{ctg} \theta.$$

12. Половина величини зрізу ширини шліца

$$\Delta = \frac{r_3 \sin \delta_3 - r_2 \sin \delta_2}{\sin \theta_2} \sin(\theta_1 - \theta_2).$$

13. Кут бічного піднутрення профілю зубів протяжки на ділянці 3 (див. рис. 4.1).

$$\varphi_2 = \theta - \theta_2.$$

14. Половина величини зрізу ширини шліца

$$a = \frac{\Delta}{r}.$$

15. Ширина шліфувального круга при двохкутовій заправці

$$B_k = 2r_2 \sin \delta_2.$$

16. Висота заміру ширини круга

$$h = r_2 \cos \delta_2 + c_1 - R_b.$$

Рекомендована величина підйому  $c \leq 1 \dots 1,2$  мм на 1000 мм довжини протяжки. Якщо розрахункова величина  $c > 1,2$  мм, то слід зменшити кут бічного піднутрення  $\varphi_1$ .

Результатами розрахунку (рис. 4.2) є геометричні параметри, необхідні для оформлення робочого креслення протяжки. Ці параметри задаються наступним списком:  $\theta_1, C_1, c, \varphi_2, \Delta, a, B_k, h$ .

### **Зміст звіту:**

У звіті навести вихідні дані до розрахунку, оформити розрахунок інструменту, згідно прикладу, ескіз спроектованої конструкції інструменту. Завершити звіт висновками.

### **Контрольні запитання:**

1. Навіщо кроки і подачі всіх чорнових або розширюючих зубів повинні бути однаковими?
2. З яких ділянок складається загальна довжина протяжки?
3. З яких ділянок складається різальна частина протяжки?
4. Як визначається половина кута профілю западини на ділянці чорнових або розширюючих зубів протяжки?
5. Який визначається величина підйому заднього центру протяжки?



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

**Тема:** Проектний розрахунок комплекту мітчиків

**Завдання:** Для заданих умов обробки розрахувати та спроектувати комплект мітчиків для нарізання внутрішньої різьби

### Порядок виконання практичної роботи:

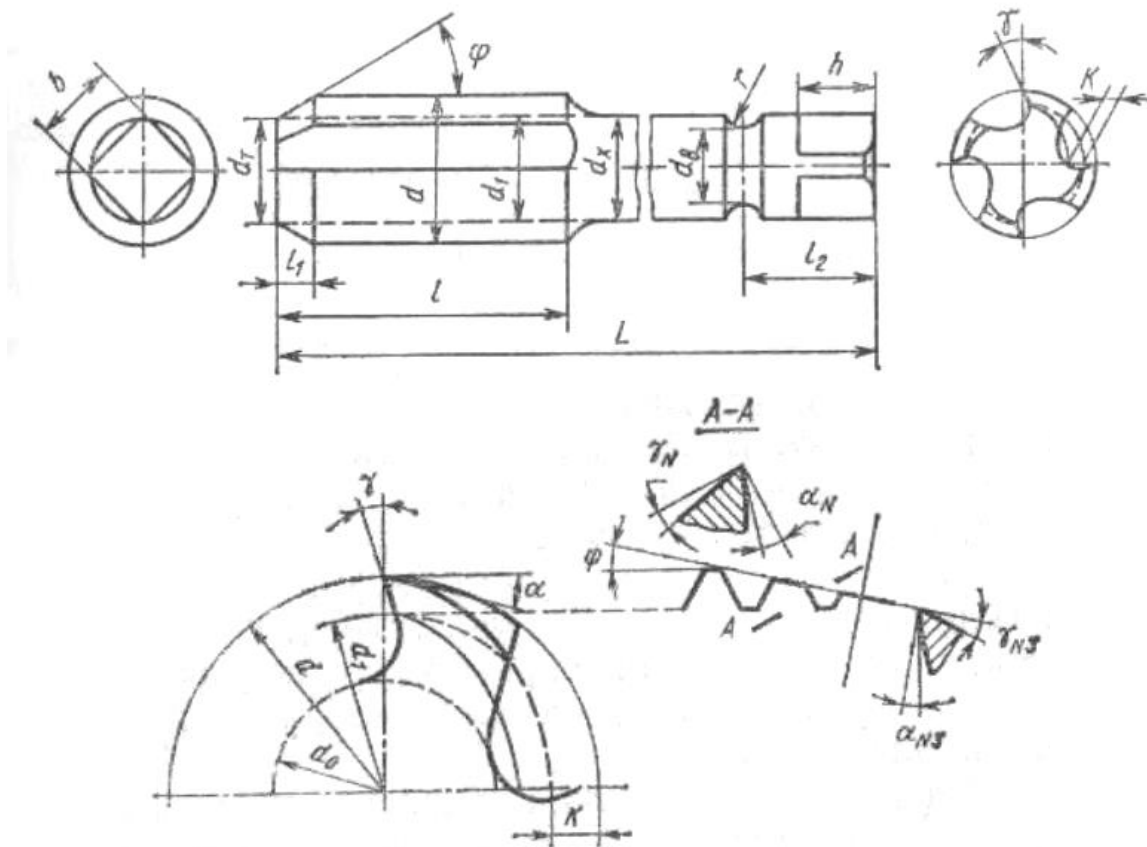
1. Ознайомитись з наведеним прикладом розрахунку комплекту мітчиків;
2. Згідно з прикладом, виконати проектний розрахунок комплекту мітчиків;
3. Виконати ескіз розрахованого інструменту;
4. Оформити звіт з практичної роботи;
5. Захистити звіт, відповісти на наведені контрольні запитання.

**Завдання:** спроектувати комплект з трьох мітчиків із швидкорізальної сталі для обробки метричної різьби М48-6Н в різьбовому отворі деталі, що виконана з матеріалу Сталь 45. Отвір – наскрізний. Довжина різьбового отвору дорівнює зовнішньому діаметру різьби.

**Мітчик** – це осьовий багатолезовий інструмент для утворення та обробки внутрішньої різьби [7].

Мітчики призначені для нарізування внутрішніх різьб діаметром від 2 до 50 мм. За конструкцією і застосуванням номенклатура мітчиків досить різноманітна: машинно-ручні, гайкові, конічні, збірні, спеціальні та ін. Незважаючи на це, можна виділити загальні етапи проектування, зміст і розташування яких у загальній схемі розрахунку залежать від типу оброблюваної різьби, заданої точності і розміру профілю.

На рис. 5.1 зображено машинно-ручний мітчик з прямими рівцями та позначено основні його геометричні та конструктивні параметри.



**Рис. 5.1. Позначення основних геометричних та конструктивних параметрів мітчика**

На рис. 5.1 застосовані наступні позначення:

- Передній кут на зовнішньому діаметрі мітчика  $\gamma, ^\circ$ ;
- Задній кут на зовнішньому діаметрі мітчика  $\alpha, ^\circ$ ;
- Передній кут в нормальному перерізі  $\gamma_N, ^\circ$ ;
- Задній кут в нормальному перерізі  $\alpha_N, ^\circ$ ;
- Величина затилування  $K$ , мм;
- Діаметр серцевини  $d_0$ , мм;
- Діаметр по передньому торцю  $d_T$ , мм;
- Діаметр хвостовика  $d_x$ , мм;
- Зовнішній діаметр мітчика  $d$ , мм;
- Внутрішній діаметр мітчика  $d_1$ , мм;
- Довжина робочої частини  $l$ , мм;
- Довжина ріжучої частини (забірного конуса)  $l_1$ , мм;
- Кут конусу  $\varphi, ^\circ$ ;
- Загальна довжина мітчика  $L$ , мм;

- Радіус виточки для захвата  $r$ , мм;
- Діаметр на виточці  $d_6$ , мм;
- Відстань виточки від торця  $l_2$ , мм;
- Висота лисок  $h$ , мм;
- Ширина лисок  $b$ , мм.

В подальших розрахунках будемо дотримуватись цих позначень.

### Проектний розрахунок комплекту мітчиків:

Перед проведенням розрахунків визначаємо з табл. 5.1  $\sigma_b$  матеріалу заготовки.

Таблиця 5.1.

Значення  $\sigma_b$  матеріалу заготовки

Матеріал заготовки	$\sigma_b$ , МПа	Матеріал заготовки	$\sigma_b$ , МПа
Сталь 10	321	Сталь 20Х	786
Сталь 20	412	Сталь 20Г	451
Сталь 35	529	Сталь 40Х	980
Сталь 45	598	Сталь 40ХН	980
Сталь 50	627	Сталь 50Г	648

Приймаємо  $\sigma_b = 598$  МПа [3].

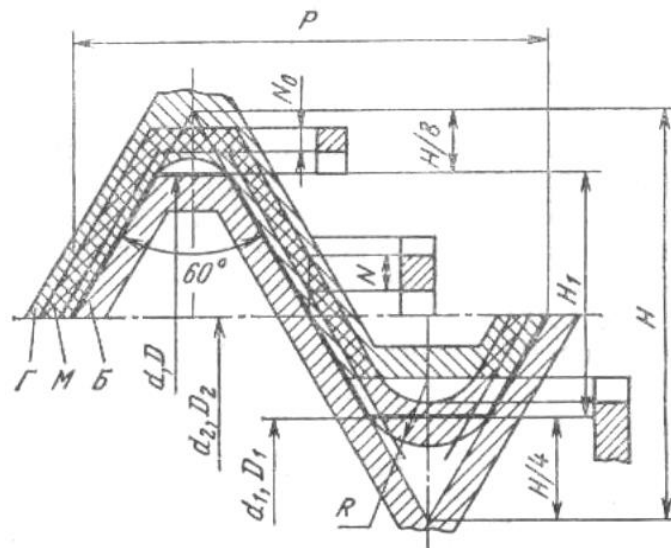
Довжина різбового отвору відповідно до завдання дорівнює зовнішньому діаметру різьби, а саме 48 мм.

Проектний розрахунок ведемо відповідно до вимог роботи [6].

Схема розташування допусків на елементи різьби гайки, болта та мітчика показана на рис. 5.2.

На схемі наведені сполучені поля допусків на гайку ( $\Gamma$ ), болт ( $B$ ) і мітчик ( $M$ ). Номінальні значення діаметрів болта і гайки зовнішнього ( $d$ ,  $D$ ), середнього ( $d_2$ ,  $D_2$ ) і внутрішнього ( $d_1$ ,  $D_1$ ) – однакові.

Розміри профілю різьби визначаються висотою теоретичного профілю різьби  $H$ , кроком різьби  $P$  і кутом профілю (для метричних різьб –  $60^\circ$ ). Поле допуску на виготовлення мітчика по зовнішньому  $d$  і середньому  $d_2$  діаметрах позначені відповідно через  $N_0$  та  $N$ .



**Рис. 5.2. Схема розташування допусків на елементи різьби гайки, болта та мітчика**

Враховуючи завдання до проектування та данні робіт [3, 7] одержимо:

$$d=D=48 \text{ мм,}$$

$$P=5 \text{ мм,}$$

$$H=0.86602P=4,330 \text{ мм,}$$

$$d_1=D_1=D - 5/8H=45,294 \text{ мм,}$$

$$d_2=D_2=D - 3/8H=46,376 \text{ мм,}$$

$$H_1=0.54126P=2,706 \text{ мм,}$$

$$R=0.1443276P=0,722 \text{ мм.}$$

Граничні розміри гайки з врахуванням ступеню точності різьби  $6H$ :

$$\text{Верхнє відхилення } ES=0,335 \text{ мм,}$$

$$D_{2max}=D_2+ES=46,376+0,335=46,711 \text{ мм,}$$

$$D_{1max}=D_1+ES=45,294+0,335=45,629 \text{ мм.}$$

Враховуючи розміри різьби, вид отвору, матеріал деталі відповідно до [7] обираємо тип мітчика – машинно-ручний для нарізування різьби в наскрізних отворах.

Кількість мітчиків у комплекті відповідно до завдання дорівнює три.

Згідно з рекомендаціями [6] розподіл навантаження на мітчики у комплекті становить:

для першого мітчика у комплекті 50 %;

для другого мітчика у комплекті 35 %;

для третього мітчика у комплекті 15 %.

Згідно з рекомендаціями [6, 7] обираємо профільну схему різання.

Діаметр по передньому торцю  $d_T$  для кожного мітчика комплекту є однаковим [6] і дорівнює:

$$d_T = D_1 - (0,1 \dots 0,35) = 45,294 - (0,1 \dots 0,35) = 45,000 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр для кожного мітчика комплекту є однаковим [6] і розраховується з врахуванням зазору у різбовому з'єднанні:

$$d_1 = D_1 + 0,055P = 45,275 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр мітчиків у комплекті дорівнює [6]:

$$\text{для третього мітчика у комплекті } d_{(3)} = D = 48,000 \text{ мм;}$$

$$\text{для другого мітчика у комплекті } d_{(2)} = d_{(3)} - 0,15P = 47,250 \text{ мм;}$$

$$\text{для першого мітчика у комплекті } d_{(1)} = d_{(3)} - 0,5P = 45,500 \text{ мм.}$$

Середній діаметр мітчиків у комплекті дорівнює [6]:

$$\text{для третього мітчика у комплекті } d_{2(3)} = D_2 = 46,376 \text{ мм;}$$

$$\text{для другого мітчика у комплекті } d_{2(2)} = d_{2(3)} - 0,07P = 46,026 \text{ мм;}$$

$$\text{для першого мітчика у комплекті } d_{2(1)} = d_{2(3)} - 0,15P = 45,626 \text{ мм.}$$

Призначаємо за рекомендаціями [6] довжину ріжучої частини (забірного конуса)  $l_1$  для кожного мітчика з комплекту:

$$\text{для третього мітчика у комплекті } l_{1(3)} = 2P = 10 \text{ мм;}$$

$$\text{для другого мітчика у комплекті } l_{1(2)} = 4P = 20 \text{ мм;}$$

$$\text{для першого мітчика у комплекті } l_{1(1)} = 6P = 30 \text{ мм.}$$

Визначаємо за рекомендаціями [6] кут конусу  $\varphi$  для кожного мітчика з комплекту:

$$\text{для третього мітчика у комплекті } \varphi_{(3)} = \arctg\left(\frac{d_{(3)} - d_T}{2l_{1(3)}}\right) = 8,531^\circ;$$

$$\text{для другого мітчика у комплекті } \varphi_{(2)} = \arctg\left(\frac{d_{(2)} - d_T}{2l_{1(2)}}\right) = 1,970^\circ;$$

$$\text{для першого мітчика у комплекті } \varphi_{(1)} = \arctg\left(\frac{d_{(1)} - d_T}{2l_{1(1)}}\right) = 0,477^\circ.$$

Число зубців визначаємо згідно з рекомендаціями [6] та приймаємо  $z=6$ .

Визначаємо товщину  $a$  прошарку, що зрізається, для кожного мітчика з комплекту [6]:

$$\text{для третього мітчика у комплекті } a_{(3)} = (P/z) \operatorname{tg}(\varphi_{(3)}) = 0,125 \text{ мм;}$$

## Проектування та виробництво різального інструмента. Практичні роботи

для другого мітчика у комплекті  $a_{(2)}=(P/z)tg(\varphi_{(2)})= 0,029$  мм;

для першого мітчика у комплекті  $a_{(1)}=(P/z)tg(\varphi_{(1)})= 0,007$  мм.

Передній та задній кути призначаємо відповідно до рекомендацій [7, табл. 11.2]:

– передній кут  $\gamma=9^{\circ}$ ,

– задній кут  $\alpha=12^{\circ}$ .

Величина затилування  $K$  (при затилуванні по спіралі Архімеда) [7]:

для третього мітчика у комплекті  $K_{(3)} = \frac{\pi d_{(3)}}{z} tg(\alpha)=5,342$  мм;

для другого мітчика у комплекті  $K_{(2)} = \frac{\pi d_{(2)}}{z} tg(\alpha)=5,261$  мм;

для першого мітчика у комплекті  $K_{(1)} = \frac{\pi d_{(1)}}{z} tg(\alpha)=5,064$  мм.

Приймаємо величину затилування  $K=5$  мм для кожного мітчика з комплекту.

### **Зміст звіту:**

У звіті навести вихідні дані до розрахунку, оформити розрахунок інструменту, згідно прикладу, ескіз спроектованої конструкції інструменту. Завершити звіт висновками.

### **Контрольні запитання:**

1. Як здійснюється розподіл навантаження на мітчики у комплекті, якщо комплект складається з трьох мітчиків?
2. Який кут профілю застосовується для метричних різьб?
3. Зовнішній діаметр якого з трьох мітчиків у комплекті дорівнює номінальному значенню зовнішнього діаметра гайки?
4. Який діаметр для кожного мітчика комплекту є однаковим?
5. З якою метою здійснюється затилування зубців мітчика по спіралі Архімеда?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

**Тема:** Проектний розрахунок черв'ячної фрези  
для обробки черв'ячного колеса

**Завдання:** Для заданих умов обробки розрахувати та спроектувати конструкцію черв'ячної фрези для обробки черв'ячного колеса

### Порядок виконання практичної роботи:

1. Ознайомитись з наведеним прикладом розрахунку черв'ячної фрези;
2. Згідно з прикладом, виконати розрахунок черв'ячної фрези для обробки черв'ячного колеса;
3. Виконати ескіз розрахованого інструменту;
4. Оформити звіт з практичної роботи;
5. Захистити звіт, відповісти на наведені контрольні запитання.

**Завдання:** спроектувати черв'ячну фрезу з забірним конусом для обробки черв'ячного колеса черв'ячної передачі без зміщення  $x = 0$ , параметри якої наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

### Конструктивні параметри черв'ячної передачі

№ п/п	Параметр	Позначення	Розрахункове значення
1	2	3	4
1. Початкові данні			
1.1	Модуль	$m$	3
1.2	Коефіцієнт діаметра черв'яка	$q$	17
1.3	Число витків черв'яка	$z_1$	1
1.4	Вид черв'яка	—	ZA

1	2	3	4
1.5	Початковий черв'як відповідно:		
	кут профілю	$\alpha_n$	20°
	коефіцієнт висоти головки витка	$h_a^*$	1,0
	коефіцієнт радіального зазору	$c^*$	0,2
	коефіцієнт глибини заходу	$h_w^*$	2,0
	коефіцієнт висоти ніжки витка	$h_f^*$	1,2
	коефіцієнт висоти витка	$h^*$	2,2
	коефіцієнт граничної висоти витка	$h_l^*$	2,0
	коефіцієнт радіуса кривини перехідної кривої	$\rho_{f1}^*$	0,3
коефіцієнт розрахункової товщини витка	$s^*$	0,5 $\pi$	
1.6	Передаточне число	$u$	43
1.7	Матеріал черв'яка	—	Сталь 40Х ГОСТ 4543
1.8	Матеріал черв'ячного колеса	—	БрО5Ц5С5 ГОСТ 613
1.9	Ділильний кут підйому витка	$\gamma_1$	3°22'59"
<b>2. Розрахунок параметрів</b>			
2.1	Число зубців черв'ячного колеса	$z_2$	43
2.2	Ділильний діаметр: черв'яка черв'ячного колеса	$d_1$	51
		$d_2$	129
2.3	Висота витка черв'яка	$h_1$	6,6
2.4	Висота головки витка черв'яка	$h_{a1}$	3
2.5	Діаметр вершин – черв'яка – черв'ячного колеса	$d_{a1}$	57
		$d_{a2}$	135
2.6	Діаметр западин – черв'яка – черв'ячного колеса	$d_{f1}$	43,8
		$d_{f2}$	136,2
2.7	Найбільший діаметр черв'ячного колеса	$d_{aM2}$	140



1	2	3	4
2.8	Довжина нарізаної частини черв'яка	$b_1$	66
2.9	Ширина вінця черв'ячного колеса	$b_2$	40
2.10	Міжосьова відстань	$a_\omega$	90
2.11	Радіус западини поверхні черв'ячного колеса – ділильної – вершин – западин	$R_2$ $R_{a2}$ $R_{f2}$	25,5 22,5 29,1
2.12	Радіус кривини перехідної кривої черв'яка	$\rho_{f1}$	0,9
2.13	Радіус кривини лінії притуплення витка	$\rho_{k1}$	0,3
2.14	Радіальний зазор	$c$	0,2
2.15	Умовний кут обхвату черв'яка	$\delta$	46°6'50''
3. Розрахунок розмірів для контролю взаємного положення бокових поверхонь витків черв'яка			
3.1	Розрахунковий крок черв'яка	$P_{x1}$	9,441
		$P_{n1}$	9,425

**Проектний розрахунок черв'ячної фрези для  
обробки черв'ячного колеса:**

1. Оскільки черв'ячна передача без зміщення, то середній розрахунковий діаметр фрези [7]:

$$d_{m0} = d_1 = 51 \text{ мм} . \quad (6.1)$$

2. Осьовий крок зубців фрези на середньому розрахунковому діаметрі [2]:

$$P_{x0} = P_{x1} = 9,441 \text{ мм} . \quad (6.2)$$

3. Висота головки зуба фрези [7]:

$$h_{a0} = \frac{d_2 - d_{f2}}{2} = 3,6 \text{ мм} . \quad (6.3)$$

4. Висота ніжки зуба фрези [7]:

$$h_{f0} = \frac{d_1 - d_{f1}}{2} = 3,6 \text{ мм.} \quad (6.4)$$

5. Висота зуба фрези [7]:

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} + 0,1m = 7,5 \text{ мм.} \quad (6.5)$$

6. Ділильний діаметр фрези [7]:

$$d_{01} = d_1 + 0,1m = 51,3 \text{ мм.} \quad (6.6)$$

7. Зовнішній діаметр фрези [7]:

$$d_{a0} = d_{01} + 2h_{a0} = 58,5 \text{ мм.} \quad (6.7)$$

8. Діаметр отвору під оправку [7]:

$$d_{оп} = 14,21h_0^{0,373} = 30,130 \text{ мм.} \quad (6.8)$$

Остаточно з урахуванням ряду діаметрів оправок приймаємо [7]:

$$d_{оп} = 22 \text{ мм.}$$

9. Діаметр западин фрези [7]:

$$d_{ю} = d_{a0} - 2h_{a0} = 43,5 \text{ мм.} \quad (6.9)$$

10. Найменший діаметр западин фрези [7]:

$$d_{f0\min} = 1,75d_{оп} = 38,5 \text{ мм.} \quad (6.10)$$

11. Задній кут на вершинній крайці фрези відповідно до матеріалу оброблюваного черв'ячного колеса [6]:

$$\alpha_B = 8^\circ \text{ мм.} \quad (6.11)$$

12. Кількість торцевих зубців (рейок) фрези [7]:

$$z_0 = \frac{2\pi}{\arccos\left(1 - \frac{4,4m}{d_{a0}}\right)} = 9,171. \quad (6.12)$$

Остаточно приймаємо:

$$z_0 = 9.$$

13. Значення кута підйому гвинтової лінії витка визначаємо відповідно до [7]:

$$\sin(\gamma_{m0}) = \frac{mz_0}{d_{m0}}. \quad (6.13)$$

Після підстановки відповідних даних до (6.13) отримаємо:

$$\gamma_{m0} = \arcsin\left(\frac{3 \cdot 1}{51}\right) = 3^\circ 22' 20''.$$

14. Величина затилування [7]:

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \operatorname{tg}(\alpha_b) = 2,87 \approx 3 \text{ мм}. \quad (6.14)$$

Для черв'ячної фрези з шліфованим профілем величина другого затилування [7]:

$$K_1 = (1,2 \dots 1,3)K = 3,6 \dots 3,9 \text{ мм}.$$

Остаточно приймаємо:

$$K_1 = 4 \text{ мм}.$$

15. Висота канавки [7]:

$$H_0 = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r_k = 12,5 \text{ мм}, \quad (6.15)$$

де  $r_k = 1,5 \text{ мм}$  – попереднє значення радіусу заокруглення дна канавки.

16. Мінімальний радіус заокруглення дна канавки [7]:

$$r_k = \frac{\pi(d_{a0} - 2H_0)}{10z_0} = 1,204 \text{ мм}. \quad (6.16)$$

Остаточно приймаємо:

$$r_k = 1,5 \text{ мм}.$$

17. Перевірка діаметру посадочного отвору [7]:

$$d_{\text{опр}} \leq 0,675(d_{a0} - 2H_0) = 22,6125 \text{ мм.} \quad (6.17)$$

18. Радіус заокруглення на ніжці зубця фрези [6]:

$$\rho_{f0} = 0,2 \dots 0,3m \approx 0,75 \text{ мм.} \quad (6.18)$$

19. Радіус заокруглення на головці зубця фрези [6]:

$$\rho_{a0} = \frac{c}{1 - \sin(\alpha_{n0})} \approx 0,9 \text{ мм.} \quad (6.19)$$

20. Товщина зуба фрези в нормальному перерізі [7]:

$$S_{n0} = \frac{\pi m}{2} + \Delta S = 4,852 \text{ мм,} \quad (6.20)$$

де  $\Delta S = 0,14 \text{ мм}$  [7].

21. Товщина зуба фрези в осьовому перерізі [7]:

$$S_{x0} = \frac{S_{n0}}{\cos(\gamma_{m0})} = 4,861 \text{ мм.} \quad (6.21)$$

22. Ширина западини між сусідніми зубцями фрези в осьовому перерізі [7]:

$$e_{x0} = P_{x0} - S_{x0} = 4,580 \text{ мм.} \quad (6.22)$$

23. Кут профілю канавки приймаємо за рекомендаціями [7]:

$$\vartheta_k = 25^\circ. \quad (6.23)$$

24. Кут заборного конуса [7]:

$$\varphi_z = \arccos\left(\frac{\sqrt{m - 4d_{a0}^2} - m}{2d_{a0}}\right) = 12,91^\circ \approx 13^\circ. \quad (6.24)$$

25. Діаметр, від якого починається заборний конус [7]:

$$d_z = d_{a0} - 0,75(d_{a0} - d_{f0}) = 47,25 \text{ мм.} \quad (6.25)$$

26. Довжина буртика фрези [7]:

$$L_6 = 4 \text{ мм.} \quad (6.26)$$

27. Для черв'ячної фрези, що працює методом тангенціальної подачі довжина розраховується так [7]:

$$L_0 = L_k + L_p + 2L_6, \quad (6.27)$$

де  $L_k$  – довжина конічної частини, що призначається в залежності від осьового кроку фрези  $L_k = 2,5...3P_{x0}$ ;

$L_p$  – довжина профілюючої циліндричної частини, що теж призначається в залежності від осьового кроку фрези  $L_p = 2P_{x0}$ .

Остаточно приймаємо  $L_0 = 5P_{x0} + L_6 \approx 56 \text{ мм.}$

### **Зміст звіту:**

У звіті навести вихідні дані до розрахунку, оформити розрахунок інструменту, згідно прикладу, ескіз спроектованої конструкції інструменту. Завершити звіт висновками.

### **Контрольні запитання:**

1. На якій різальній крайці зубця черв'ячної фрези призначається задній кут?
2. Чому дорівнює середній розрахунковий діаметр черв'ячної фрези для обробки черв'ячного колеса черв'ячної передачі без зміщення?
3. Чи здійснюється друге затилування для зубців черв'ячної фрези з не шліфованим профілем?
4. З якою подачею працює черв'ячна фреза з забірним конусом?
5. З якою метою здійснюється затилування зубців черв'ячної фрези по спіралі Архімеда?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грановский Г.И., Панченко К.П. Фасонные резцы. – М.: Машиностроение, 1975. – 309 с.
2. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособие для техникумов по предмету «Учение о резании металлов и режущий инструмент». – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
3. Общетехнический справочник / Е.А. Скороходов, В.П.Законников, А.Б.Пакснис и др.; Под общ. ред Е.А.Скороходова. – 4-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1990. – 466 с.
4. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: Учеб. пособие для втузов / О.В. Таратынов, Г.Г. Земсков, Ю.П. Тарамыкин и др.; Под ред. О. В. Таратынова, Ю.П. Тарамыкина.– М.: Высш. шк., 1991.– 423 с.
5. Протяжки для обработки отверстий / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
6. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н.Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
7. Справочник инструментальщика / И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А.Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987. – 846 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Розрахунок та проектування токарного різця .....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Проектний розрахунок круглого фасонного різця .....	8
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Визначення розмірів робочої частини розвертки .....	23
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Розрахунок круглої шліцьової протяжки .....	27
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Проектний розрахунок комплекту мітчиків .....	33
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Проектний розрахунок черв'ячної фрези для обробки черв'ячного колеса .....	39
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	46

Електронне навчально-методичне видання

## **Проектування та виробництво різального інструмента**

**Методичні рекомендації до виконання практичних робіт**

для студентів освітнього рівня «Бакалавр»

спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування»

---

Укладачі: Лисенко О.В., Єршомін П.М.

---

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 3,0.

---

Кафедра «Металорізальні верстати та системи»  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
м. Кропивницький, просп. Університетський, 8