

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни

„РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ”

**Розрахунок інструментів для обробки зубчастих коліс
та шліцьових валів**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни

„РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ”

**Розрахунок інструментів для обробки зубчастих коліс
та шліцьових валів**

(для студентів спеціальностей 7.090203 та 7.090201)

РОЗГЛЯНУТО:

на засіданні кафедри
металорізальних верстатів
і інструментів
Протокол № 7 від 06.02.2007р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

на засіданні навчально-
видавничої ради ДонНТУ
Протокол № від

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Різальний інструмент” Розрахунок інструментів для обробки зубчастих коліс та шліцьових валів (для студентів кваліфікаційного напрямку 6.0902 „Інженерна механіка” спеціальностей 7.090201 „Технологія машинобудування”, та 7.090203 „Металорізальні верстати та системи”)/ Укл.: Малишко І.О., Кисельова І.В. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 48 с.

Визначені головні вимоги до виконання курсового проекту. Надані методичні вказівки щодо проектування та розрахунків деяких металорізальних інструментів.

Приведена тематика курсових проектів, їх структура, вимоги до змісту та порядок виконання. Приведені вимоги до оформлення пояснювальної записки та креслення.

Методичні вказівки виконані за участю студента гр. МС03 а Лядвіна Є. Є.

Укладачі:

Малишко І.О., проф.
Кисельова І.В, доц.

Відповідальний за випуск

Матюха П.Г., проф.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	5
1.1 Вимоги до структури курсового проекту	5
1.2 Вимоги до оформлення курсового проекту.....	6
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА.....	6
2.1 Вихідні дані для проектування черв'ячних фрез	6
2.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції фрези.....	6
2.3 Проектний розрахунок фрези	8
2.4 Профілювання фрези	13
3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВОГО ВАЛА ІЗ ПРЯМОКУТНИМ ПРОФІЛЕМ	15
3.1 Вихідні дані для проектування черв'ячної фрези	15
3.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції фрези.....	15
3.3 Визначення додаткових технологічних даних, необхідних для розрахунку фрези	17
3.4 Визначення розмірів зубців фрези в нормальному перетині	18
3.5 Профілювання фрези	19
3.6 Визначення геометричних параметрів фрези.....	<u>2221</u>
3.7 Визначення розмірів зубців фрези в осьовому перетині.....	<u>2322</u>
4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ДОВБАЧА ДЛЯ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС	24
4.1 Вихідні дані для проектування довбача	24
4.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції довбача	24
4.3 Визначення додаткових технологічних даних, необхідних для розрахунку довбача.....	26
4.4 Визначення геометричних параметрів довбача	26
4.5 Визначення розмірів довбача у вихідному перетині.....	<u>2726</u>
4.6 Визначення вихідних відстаней довбача.....	28
4.7 Визначення висоти довбача	31
5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ДИСКОВОГО ШЕВЕРА.....	32
5.1 Вихідні дані для проектування шевера.....	32
5.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції шевера	33
5.3 Розрахунок додаткових параметрів оброблюваного колеса.....	34
5.4 Проектний розрахунок шевера	35
5.5 Визначення конструктивних параметрів	39
Перелік літератури	42
Додаток 1	43
Додаток 2	51
Довідкові таблиці	51

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Вимоги до структури курсового проекту

Методичні вказівки по виконанню курсового проекту розроблені відповідно до робочої програми дисципліни „Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованих виробництв”. Курсовий проект базується на матеріалах теоретичних курсів: „Різальний інструмент”, „Теорія різання”, „Металорізальні верстати”.

Курсовий проект є однією з форм роботи студента, при виконанні якої усі рішення студент приймає самостійно. Роль керівника проекту полягає в оцінці вірності прийнятих рішень, наданні необхідної допомоги, контролі термінів виконання і змісту проекту.

Мета виконання курсового проекту – закріплення теоретичних знань, набуття практичних навичок з розрахунків і креслення основних типів металорізальних інструментів та використання довідкової літератури, ЄСКД, ДСТУ.

Курсовий проект складається з проектування трьох основних видів інструментів. Вибір інструментів обумовлений тим, що ці інструменти є спеціальними і проектування їх виконується для конкретної деталі.

Під час виконання курсового проекту проектується комбінована протяжка групової схеми різання для обробки шліцьової втулки, осьовий інструмент для обробки комбінованого отвору різних квалітетів точності та інструмент для обробки циліндричного прямозубого зубчастого колеса зовнішнього зачеплення або шліцьового вала з прямокутним профілем.

Завдання на курсовий проект наведені у додатку 1. Номер варіанту вибирається згідно з двома останніми цифрами номера залікової книжки. Матеріал деталі, що оброблюється, вибирається з того боку таблиці, де заданий номер варіанту.

Курсовий проект складається з пояснювальної записки і графічної частини.

Текстова частина містить наступні складові:

- титульний аркуш;
- завдання на курсовий проект;
- зміст;
- розрахунково-пояснювальна частина;
- список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна частина повинна відображати всі розрахунки та необхідні пояснення, викладені у послідовності вирішення завдання; розрахункові схеми, математичні залежності, таблиці та алгоритми розв’язування конкретних задач.

Список літератури складають в алфавітному порядку з вихідними даними в стандартній формі. Список включає тільки ті найменування, на які є посилання в тексті.

Графічна частина містить один лист формату А1, який розділено на три частини (два формати А3 та один формат А4*4 розміром 841*297 мм). На форматах А3 виконують креслення осьового та зубооброблювального інструментів, на форматі А4*4 – креслення протяжки.

1.2 Вимоги до оформлення курсового проекту

Розрахунково-пояснювальна записка являє собою текстовий документ обсягом 25-30 стор. формату А4, який виконується відповідно до вимог ЄСКД.

Розділи пояснювальної записки починаються з нової сторінки. Слід намагатися, щоб сторінка, яка передує початку нового розділу, була заповнена не менше ніж на половину.

Назви розділів пишуться великими літерами по центру сторінки. Крапка в кінці заголовку не ставиться. Не можна розміщувати заголовок в нижній частині сторінки, якщо після нього залишається тільки один рядок тексту.

Розділи, підрозділи, пункти та підпункти нумеруються арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номеру розділу та порядкового номеру підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 1.1, 1.2 тощо. Крапка після останньої цифри не ставиться.

Сторінки нумеруються арабськими цифрами в правому нижньому куті сторінки зі збереженням наскрізної нумерації всього тексту. Сторінка №1 це титульний лист, але на ньому номер сторінки не ставиться.

Ілюстрації необхідно розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути посилання в тексті. Ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу, наприклад, Рисунок 1.1 – Загальний вигляд оброблюваної деталі – перший рисунок першого розділу.

Таблиці необхідно розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. Таблиці нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Усі таблиці повинні мати назву. Наприклад, Таблиця 1.2 - Основні розміри черв'ячних фрез для нарізування зубчастих коліс - друга таблиця першого розділу.

Креслення повинні відповідати вимогам стандартів ЄСКД.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА

2.1 Вихідні дані для проектування черв'ячних фрез

При розрахунку модульної черв'ячної фрези вихідними параметрами є:

- модуль колеса, що нарізується, m ;
- кут нахилу зубців колеса, β ;
- кут профілю на ділильному діаметрі α ;
- число зубців колеса, що нарізується, Z_k ;
- точність оброблюваного колеса;
- матеріал оброблюваної колеса.

Висоту голівки h_{dk} і ніжки h_{fk} , зубця колеса, що нарізується, товщину зубця S_{dk} та шаг t_{dk} по ділильному діаметрі визначають по формулах теорії зубчастого зачеплення.

2.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції фрези

Черв'ячні фрези застосовують для чорнового, напівчистового і чистового нарізування циліндричних прямозубих, косозубих і черв'ячних зубчастих коліс з моду-

лем 0,1...40 мм. У залежності від призначення і розмірів черв'ячні фрези виготовляють класів точності ААА, АА, А, В, С і Д, які рекомендуються відповідно для нарізування зубчастих коліс ступеня точності Ст.5-6, Ст.7, Ст.8, Ст.9 і Ст.10. Фрези класів ААА та АА відносяться до прецизійних, інші – до фрез загального призначення.

Відповідно до технічних вимог різальна частина фрези повинна виготовлятися зі швидкорізальної сталі зі змістом ванадію не менш 3% і кобальту більш 5% із твердістю робочої частини 63...67 HRC₃, наприклад, зі сталі Р6М3К5, Р3М5К5. Черв'ячні фрези можна виготовлювати цільними або збірними зі вставними рейками. У цьому випадку корпус фрези виготовлюють із конструкційної легованої сталі, наприклад, 40Х, а ріжучу частину – із швидкорізальної сталі.

По числу заходів (витків) фрези бувають однозаходні (для чистової обробки) і багатозаходні (для чорнової обробки).

Як інструмент черв'ячну фрезу одержують з архімедового, конвалютного або евольвентного черв'яка шляхом прорізання стружкових канавок і затилювання задніх поверхонь. Правильне зачеплення з евольвентним зубчастим колесом забезпечує тільки евольвентний черв'як, тому спрофільовані на його основі фрези є найбільш точними унаслідок відсутності органічних погрешностей. Але вони складні в виготовленні і переваги точності втрачаються після декількох переозагострювань. Фрези, які спрофільовані на базі архімедового черв'яка, мають найбільше наближення до евольвентного. Вони більш технологічні в виготовленні, тому набули найбільшого розповсюдження. На базі евольвентного черв'яка виготовляють фрези класу точності ААА модулем 1...10 мм. Можуть виготовлятися фрези класу точності АА. Фрези більш низьких класів точності, частіш за все, виготовлюють на базі архімедового черв'яка.

Стружкові канавки можуть бути прямими (рівнобіжними осі фрези) або гвинтовими.

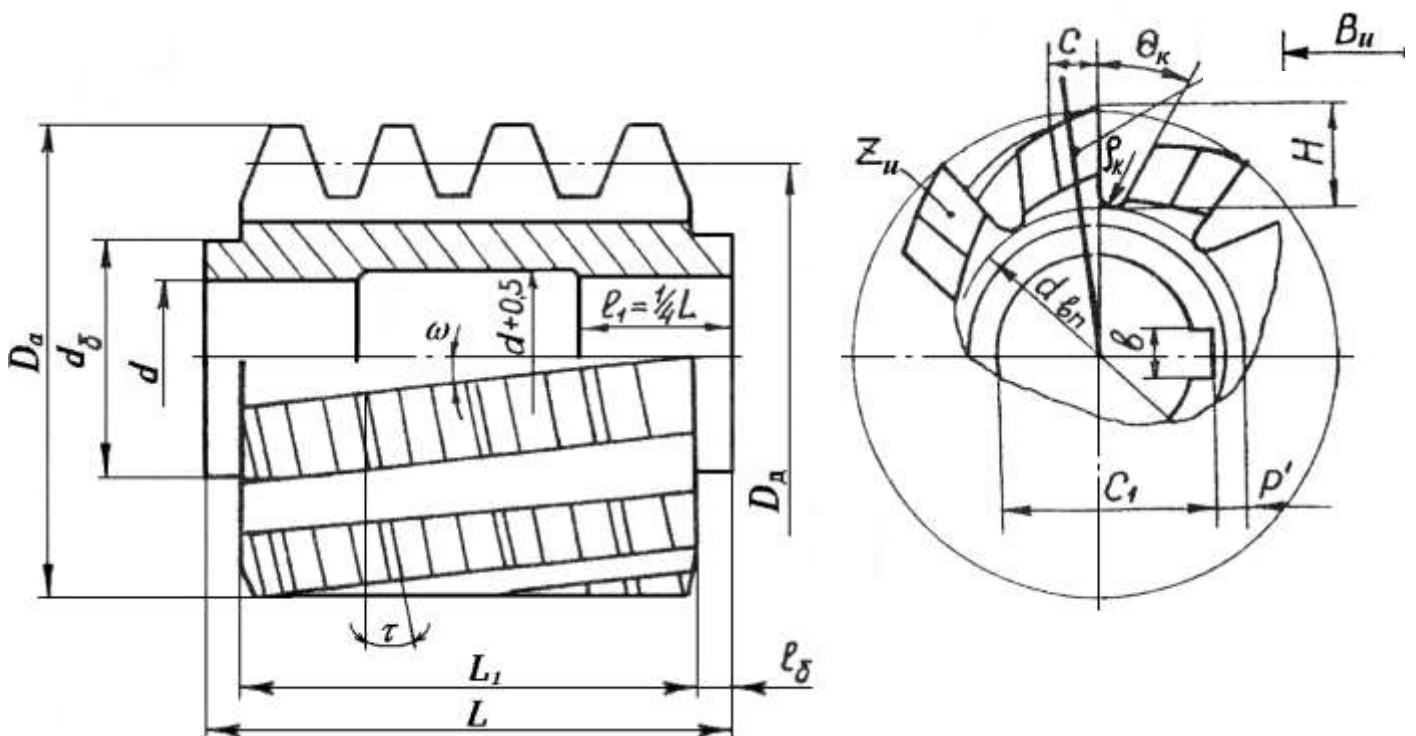


Рисунок 2.1 - Черв'ячна фреза для обробки циліндричного зубчастого колеса

Загальний вид черв'ячної фрези для обробки циліндричного зубчастого колеса приведений на рис. 2.1.

На підставі аналізу конструкції і ступеня точності колеса, що нарізується, з урахуванням літературних рекомендацій вибирають конструкцію, клас точності, вид та матеріал черв'ячної фрези.

2.3 Проектний розрахунок фрези

Розрахунок черв'ячних фрез полягає, головним чином, у визначенні розмірів профілю фрези в нормальному і осьовому перетинах.

2.3.1 Визначення розмірів фрези в нормальному перетині

1. Модуль, профільний кут, крок зубців по ділильній прямої фрези приймаються рівними відповідно модулеві, профільному куту, кроку зубців оброблюваного колеса

$$m_u = m_k, \quad \alpha_u = \alpha_k = 20^\circ, \quad t_{\partial u} = t_{\partial k} = \pi m, \text{ мм.}$$

2. Розміри зубця фрези в нормальному перетині.

Для забезпечення радіального зазору в зубчастій передачі висота зубця фрези приймається рівною

$$h_u = 2,5m, \text{ мм.}$$

$$h_{au} = h_{fu} = 1,25m, \text{ мм.}$$

Висоту ніжки зубця черв'ячної фрези приймають на $0,25m$ більшою висоти головки зуба колеса, що нарізується, для того, щоб під час обробки запобігти контакту поверхні западин фрези з поверхнею виступів колеса.

Для забезпечення бічного зазору товщина зубця фрези по ділильній прямій приймається рівною

$$S_{\partial u} = 0,5 t_{\partial u} + \delta, \text{ мм,}$$

де δ - гарантований бічний зазор (див. табл.1, додаток 2).

2.3.2 Визначення конструктивних та геометричних параметрів фрези

До основних конструктивних параметрів фрези відносяться зовнішній діаметр фрези D_a , довжина фрези L , діаметр отвору під оправку d , число і форма зубців, розміри і напрямки стружкових канавок, кути різальної частини. Ці параметри або вибирають по нормалю і стандартам, виходячи з паспортних даних верстата і досвіду експлуатації фрез, або розраховують.

1 Зовнішній діаметр фрези D_{au} .

При збільшенні діаметра фрези зменшується шорсткість і хвилястість оброблюваної поверхні, зростає продуктивність обробки, але при цьому збільшуються крутний момент, шлях врізання, витрата матеріалу і трудомісткість виготовлення фрези. З цих причин для чистових фрез зовнішній діаметр вибирається більшим, ніж у чорнових фрез, а в прецизійних - більшим, ніж у чистових.

З іншого боку, зовнішній діаметр, так само як діаметр отвору під оправку і загальна довжина черв'ячної фрези, повинні бути ув'язані з паспортними даними зубофрезерних верстатів.

Діаметр отвору під оправку повинний забезпечити необхідну жорсткість кріпильної оправки і міцність тіла фрези. Доцільно починати розрахунок з визначення d по залежностях:

$$d = 20 m^{0,373}, \text{ мм} - \text{ для фрез нормальної точності,}$$

$$d = 27 m^{0,404}, \text{ мм} - \text{ для прецизійних фрез.}$$

Розрахункове значення d необхідно округлити до найближчого більшого з нормального ряду діаметрів отворів під оправку ($d=16; 22; 27; 32; 40; 50; 60$).

Зовнішній діаметр фрези D_{au} визначається за умовою

$$D_{au} \geq 2H + 2p' + C_1, \text{ мм,}$$

де $H = 2,5m + \frac{K + K_1}{2} + \rho_k$ – глибина стружкової канавки, мм;

$p' \geq (0,25 \dots 0,3) d$ – товщина тіла фрези в небезпечному перетині, мм;

C_1 – розміри шпонкового паза за ДСТУ 9472-90, мм;

$\rho_k = 1 \dots 3$ мм – радіус округлення дна канавки;

K, K_1 – величина остаточного і попереднього затилування (для попередніх розрахунків

$$K \approx 0,8\pi(2m+1)\text{tg}10^\circ, \text{ мм;}$$

$K_1 = (1,2 \dots 1,4)K$ – для фрез нормальної точності;

$K_1 = (1,4 \dots 1,8)K$ – для прецизійних фрез.

Значення D_{au} для прецизійних фрез збільшується в 1,4 рази. Розрахункові значення D_{au} округлюють до найближчого більшого зі стандартного ряду ($D_a=40; 50; 63; 71; 90; 100; 125; 140; 150; 180; 200; 212; 225; 250; 265; 300; 305$).

Для остаточного уточнення d і D_{au} варто виконати перевірку d_{en} по западинах стружкових канавок

$$d_{en} = D_{au} - 2H \geq 1,75d.$$

2. Довжина фрези.

В останні роки в серійному і масовому виробництві зубчастих коліс широко застосовуються верстати, що забезпечують осьові пересування черв'ячної фрези. Це дозволяє використовувати всю довжину різальної частини фрези і значно збільшити час між переагострюваннями. Для найбільш повного використання можливості підвищення стійкості черв'ячні фрези виконують зі збільшеними довжинами різальної частини.

Довжина робочої частини фрези L_1 визначається двома умовами:

1) правильністю профілювання зубців колеса, що забезпечується умовою

$$L_1 \geq 2\left(\frac{h_k}{\sin 2\alpha}(1 + \sin \alpha) + S_{du}\right), \text{ мм,}$$

де h_k – висота зубця колеса, що нарізується, мм;

$S_{\partial u}$ – товщина зубця фрези по ділильній прямій, мм.

2) забезпеченням вирізання металу з западин без перевантаження крайніх зубців, у цьому випадку довжина L_1 визначається по точках перетинання окружності виступів колеса, що нарізується, і лінії зовнішнього діаметра черв'ячної фрези D_a в зачепленні

$$L_1 \geq 2m(\sqrt{2z_k} + 0,5\pi), \text{ мм,}$$

де z_k – число зубців колеса, що нарізується.

Перший спосіб можна рекомендувати при чистовій обробці попередньо прорізаного зубчастого колеса.

При роботі фрез з осьовими пересуваннями для рівномірності зносу по всіх зубцях довжина L_1 збільшується на $(1...4)t_{oc}$, де t_{oc} – осьовий шаг зубців.

Загальна довжина фрези з урахуванням контрольних буртиків

$$L = L_1 + 2\ell_{\delta}, \text{ мм,}$$

де $\ell_{\delta} = 4-6$ мм – довжина контрольного буртика.

Діаметр контрольних буртиків вибирається конструктивно в межах

$$d < d_{\delta} < D_{en},$$

де $D_{en} = D_{au} - 2H$, діаметр западин фрези, мм.

По контрольних буртиках перевіряється торцеве і радіальне биття фрези при її установці на верстат.

3. Число зубців фрези

Число зубців фрези z_u впливає на якість поверхні зубців колеса, що нарізується. З цього погляду z_u варто збільшувати, однак при збільшенні z_u зменшується товщина зубця, що зменшує його міцність і число переагострювань.

Для чистових фрез число зубців орієнтовно розраховується по формулі

$$Z_u = 1.3 \frac{360^\circ}{\varphi},$$

де

$$\varphi = \arccos \frac{D_{au} - 2h_u}{D_{au}}.$$

Для чорнових фрез число зубців можна приймати на 20-30% менше.

4. Призначення кутів різальної частини.

Кути різання повинні мати наступні значення. Передній кут на вершині зубця γ_b звичайно приймається рівним 0, що полегшує профілювання фрези. В окремих випадках для чорнових фрез $\gamma_b = (5...10)^\circ$.

При нульовому значенні переднього кута передня поверхня фрези розташовується в нормальному перетині, тому параметри зубця фрези в цьому перетині приймаються рівними параметрам зубця вихідної інструментальної рейки.

Задній кут на вершині зубця $\alpha_g = (10...12)^\circ$.

5. Визначення бічного заднього кута.

Задній кут на бічній різальній кромці у перетині, перпендикулярному до неї, змінюється вздовж бічної різальної кромки і залежить від радіуса, на якому він визначається. Для довільної точки на бічній різальній кромці бічний задній кут визначається по формулі

$$\alpha_{\text{бок}} = \arctg\left(\frac{R_{au}}{R_x} \operatorname{tg} \alpha_e \cdot \sin \alpha_{ex}\right);$$

де R_x - радіус окружності розташування довільної точки, для якої розглядається кут $\alpha_{\text{бок}}$, мм.

α_{ex} - задній кут на окружності радіусом R_x .

Бажано, щоб для будь якого радіуса виконувалася умова $\alpha_{\text{бок}} \geq 3^\circ$. Тому значення бічного заднього кута розраховують для внутрішнього діаметра фрези D_{fu}

$$D_{fu} = D_{du} - 2h_{fu}, \text{ мм.}$$

Якщо умова $\alpha_{\text{бок}} \geq 3^\circ$ не виконується, необхідно збільшити кут α_e .

б. Визначення величини падіння затилку.

Для збереження профілю зубців фрези після переагострювання задня поверхня фрези утворюється шляхом затилювання. Для фрез класів точності В, С, D затилювання виконують різцем без наступного шліфування, для фрез класів точності А, АА, ААА виконується подвійне затилювання, спочатку різцем, потім шліфувальним кругом (рис. 2.2).

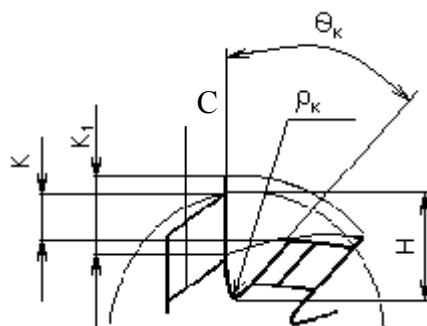


Рисунок 2.2 – Форма зубця і стружкової канавки затилюваної фрези

Величина падіння першого затилку, виконаного шліфувальним кругом, визначається по формулі

$$K = \frac{\pi D_{au}}{z_u} \cdot \operatorname{tg} \alpha_e, \text{ мм.}$$

Результат округлюється до величини, кратної 0,5 мм.

Другий затилок K_1 обробляють різцем. Шліфувана частина зуба С повинна складати більше половини товщини зуба.

Величина другого затилку K_1 у фрез зі шліфованим профілем дорівнює

$$K_1 = (1.2..1.5)K, \text{ мм}$$

з відповідним округленням у велику або меншу сторону до 0,5 мм.

8. Визначення параметрів стружкової канавки фрези.

Глибина канавки:
для фрез зі шліфованим профілем

$$H = h_u + \frac{K + K_1}{2} + \rho_k, \text{ мм}$$

для фрез з профілем, який не шліфують,

$$H = h_u + K + \rho_k, \text{ мм.}$$

Радіус округлення дна канавки

$$\rho_k = \frac{\pi \cdot (D_{au} - 2h_u)}{10z_u}, \text{ мм.}$$

Кут розкриття стружкової канавки черв'ячної фрези θ_k призначається в залежності від z_u

z_u	12	10 - 9	8
$\theta_k, ^\circ$	18	22	25; 30

9. Розрахунковий діаметр ділильної окружності фрези.

Для збереження точності фрези при переагострюваннях і збільшення числа переагострювань вводиться розрахунковий перетин, який зміщений від передньої поверхні на $(0,2...0,3)K$. У цьому перетині розраховується теоретичний діаметр ділильної окружності фрези:

$$D_{du} = D_{au} - 2h_{au} - 0,3K, \text{ мм} - \text{ при } m \leq 4;$$

$$D_{du} = D_{au} - 2h_{au} - 0,2K, \text{ мм} - \text{ при } m > 4;$$

розраховане значення округлюють до 0,01 мм.

10. Визначення кута підйому та напрямку витків вихідного черв'яка фрези.

Кут підйому витка вихідного черв'яка визначається на теоретичному ділильному діаметрі D_{du}

$$\tau = \arcsin \frac{a \cdot m}{D_{du}},$$

де a – число заходів вихідного черв'яка.

Значення кута підйому витків розраховують з точністю 1''.

Число заходів вихідного черв'яка для чистових фрез дорівнює одному. Чорнові фрези з метою підвищення продуктивності можуть виконуватися двохзаходними.

При виборі напрямку витків фрези бажано дотримувати наступного правила: для нарізання прямозубих коліс напрямком витків правий, для косозубих коліс - однойменний з нахилом зуба колеса, тобто для колеса з правим нахилом зуба фрези варто приймати з правим напрямком витків.

2.3.3 Визначення розмірів фрези в осьовому перетині

1. Визначення напрямку та кута нахилу стружкових канавок.

Черв'ячні фрези з кутом підйому витка $\tau \leq 3$ можуть бути виконані з осьовими

стружковими канавками або з гвинтовими. При $\tau > 3$ стружкові канавки виконуються тільки гвинтовими. У випадку виконання гвинтових стружкових канавок їх напрямки протилежний напрямкові витка фрези, а кут нахилу дорівнює кутові нахилу витка $\omega = \tau$.

2. Визначення параметрів зубців фрези.

Для можливості контролю правильності виготовлення фрези задаються шаг t_{oc} і товщина зуба S_{oc} в осьовому перетині.

$$S_{oc} = \frac{S_{ou}}{\cos \omega}, \text{ мм}, \quad t_{oc} = \frac{t_{ou}}{\cos \omega}, \text{ мм}.$$

3. Визначення шагу стружкових канавок.

Осьовий шаг гвинтовий стружкової канавки підраховується тільки для фрези з гвинтовими канавками

$$T = t_{oc} \operatorname{ctg}^2 \omega, \text{ мм}.$$

4. Кут установки фрези на верстаті.

Кут установки фрези на верстаті $\psi = \beta_{\phi} \pm \omega$. Знак плюс береться при різноменних напрямках витків фрези і зубців колеса, що нарізується.

5. Визначення конструктивних параметрів зубців фрези.

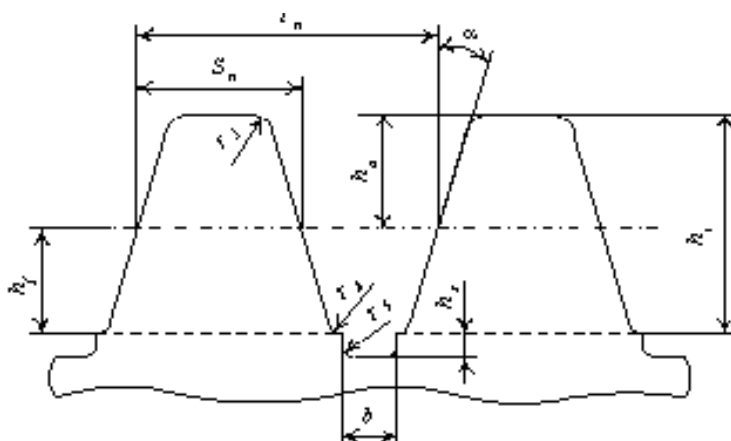


Рисунок 2.3 – Розміри зубця фрези в осьовому перетині

Радіуси округлення бокової та вершинної різальних кромки зубця фрези приймається рівним $r_1 = 0,2m$. Значення округлюють до десятих часток мм.

Радіуси округлення бокової різальної кромки та западини $r_2 = 0,3m$.

Для прецизійних та чистових фрез по дну западини між зубцями виготовляють канавку для полегшення шліфування бокових сторін зубців. Параметри цієї канавки приймають рівними:

$$h_{кан} = (1-2) \text{ мм}; \quad r_3 = (0,5 - 1) \text{ мм}; \quad b = S_d - 2h_f \operatorname{tg} \alpha - 1 \text{ мм}.$$

Якщо $b \leq 1$ мм, то канавку не роблять.

2.4 Профілювання фрези

Профілювання черв'ячної фрези полягає у визначенні кута профілю вихідного черв'яка і корекції цього кута з урахуванням впливу затилування і форми стружкових канавки. При профілюванні черв'ячної фрези необхідно прагнути до дотримання двох умов:

1. різальні кромки повинні лежати на гвинтовій поверхні вихідного черв'яка;
2. задні затиловані поверхні повинні бути такими, щоб після переагострювання різальні кромки залишалися на тій же поверхні вихідного черв'яка.

У черв'ячних фрез з радіальним затилуванням зубців після переагострювання зменшуються діаметральні розміри. При використанні евольвентного черв'яка для черв'ячної фрези висока точність профілю може бути забезпечена тільки для нової фрези. Зі збільшенням числа переагострювань різко погіршується точність через зменшення діаметральних розмірів і перевага по точності таких фрез губиться. Зберегти точність профілю евольвентних фрез можна тільки застосуванням осьового затилування, однак при переагострюваннях таких фрез буде губитися точність товщини зубця.

Черв'ячні фрези на базі вихідного архімедового черв'яка (ГОСТ 9324-80) застосовуються найбільше широко через їхню технологічність. Профілювання таких фрез полягає в тому, що профіль теоретичного вихідного евольвентного черв'яка замінюється еквівалентним йому профілем архімедового черв'яка з прямолінійною утворюючою в осьовому перетині і визначається кут його профілю $\alpha_{\text{екв}}$.

1. Визначення кута профілю вихідного черв'яка.

Кут профілю еквівалентного архімедового черв'яка визначається по залежності

$$\alpha_{\text{екв}} = \arctg \frac{tg\alpha}{\cos \omega},$$

де α – теоретичний кут зачеплення зубчастої передачі;

ω - кут нахилу стружкової канавки фрези.

2. Визначення кутів профілю зубців фрези.

Кут профілю зубців черв'ячної фрези буде залежати від форми і розташування передньої поверхні. При прямих стружкових канавках і куті $\omega=0$ передня поверхня співпадає з осьовим перетином вихідного черв'яка, тоді кути правої і лівої сторін профілю будуть однакові і рівні $\alpha_{\text{прав}} = \alpha_{\text{лев}} = \alpha_{\text{екв}}$.

Для фрез із гвинтовим розташуванням стружкових канавок кути профілю правої і лівої сторін будуть змінюватись за рахунок затилування. Кути профілю можна розрахувати по залежностях:

а) для правої сторони $\alpha_{\text{прав}} = \text{arcctg} \left(\text{ctg} \alpha_{\text{екв}} \mp \frac{KZ u}{T} \right);$

б) для лівої сторони $\alpha_{\text{лев}} = \text{arcctg} \left(\text{ctg} \alpha_{\text{екв}} \pm \frac{KZ u}{T} \right).$

Верхні знаки відносяться до правозаходних фрез, а нижні - до лівозаходних.

Основні розміри стандартних черв'ячних фрез за ГОСТ 9324-80 наведені у табл. 2 додатку 2. Допуски на виготовлення фрез вибирають по ГОСТ 10331-81 і 9324-80, або по довіднику [6].

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВОГО ВАЛА ІЗ ПРЯМОКУТНИМ ПРОФІЛЕМ

3.1 Вихідні дані для проектування черв'ячної фрези

Для проектного розрахунку повинні бути відомі наступні дані:

- зовнішній d_a і внутрішній d_f діаметри шліцьового вала;
- ширина шліца b ;
- число шліців z ;
- точність та шорсткість обробки (розміри, для яких не вказаний квалітет точності, виконуються по 11 квалітету);
- матеріал оброблювальної деталі.

Розмір фаски c та діаметр d_f (див. рис. 3.1) вибирають з ГОСТу на шліцьове з'єднання.

3.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції фрези

Черв'ячні фрези застосовують для обробки шліцьових валів для шліцьового з'єднання за ГОСТ 1139-80 будь якого способу центрування. Різні виконання профілю шліцьових валів приведені на рис. 3.1.

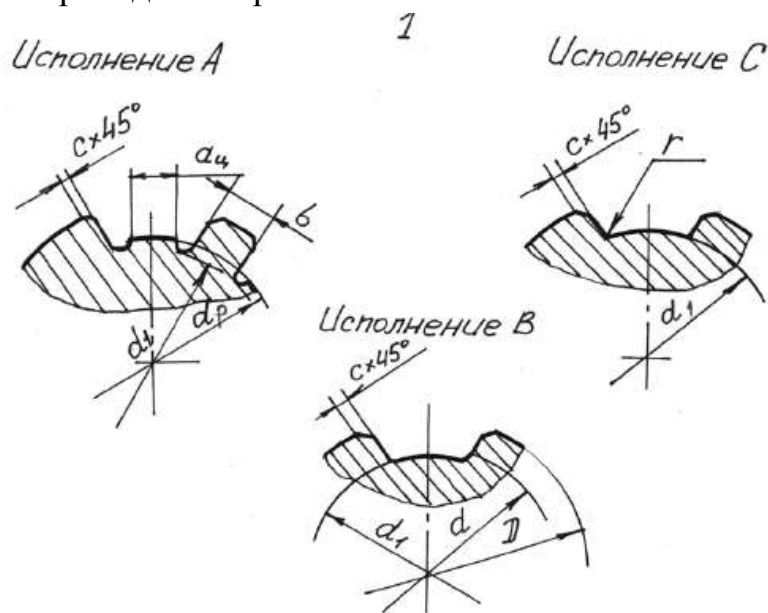


Рисунок 3.1 – Типові профілі шліцьових валів по ГОСТ 1139-80:
А, С – з центруванням по внутрішньому діаметрі або бічним сторонам, В – з центруванням по зовнішньому діаметрі

Діаметр d_f у виконанні А визначає глибину канавки, в виконанні В – відстань від прямолінійної частини профілю шліца до внутрішньої циліндричної поверхні вала. Величини фаски c та діаметр d_f регламентує ГОСТ 1139-80.

Для нарізування шліцьового вала виконання А призначені фрези з “вусиками”, які забезпечують одержання прямолінійної ділянки по усій висоті зуба шліцьового вала. Утворені вусиками канавки в основі шліца забезпечують процес шліфування шліцьових валів. Для нарізування шліцьового вала виконання В, С служать черв'ячні фрези без вусиків.

По конструкції фрези бувають цільні і збірні. Найбільше поширення в промисловості одержали фрези цільної конструкції. Відповідно до технічних вимог фрези

повинні виготовлятися зі швидкорізальної сталі зі змістом ванадію не менш 3% і кобальту більш 5% із твердістю робочої частини 63...67 HRC_э, наприклад, зі сталі Р6М5К5, Р9К10. Для збірної фрези зі вставними рейками корпус фрези виготовляють із конструкційної легованої сталі, наприклад, 40Х, а ріжучу частину – із швидкорізальної сталі.

Черв'ячні фрези виготовляють класів точності А, В і С. Фрези класу точності А рекомендується застосовувати для чистового нарізування шліцьових валів з полями допусків по товщині зуба і центруючому діаметрі d_9 , h_8 , e_8 , f_8 і внутрішньому діаметрові – e_9 , класу точності В для чистового нарізування валів з полями допусків по товщині зуба d_{10} , центруючому діаметрі – h_9 , e_9 . Фрези класу точності С призначені для чорнового нарізування валів.

Загальний вид черв'ячної фрези для нарізування шліцьового вала приведений на рис. 3.2.

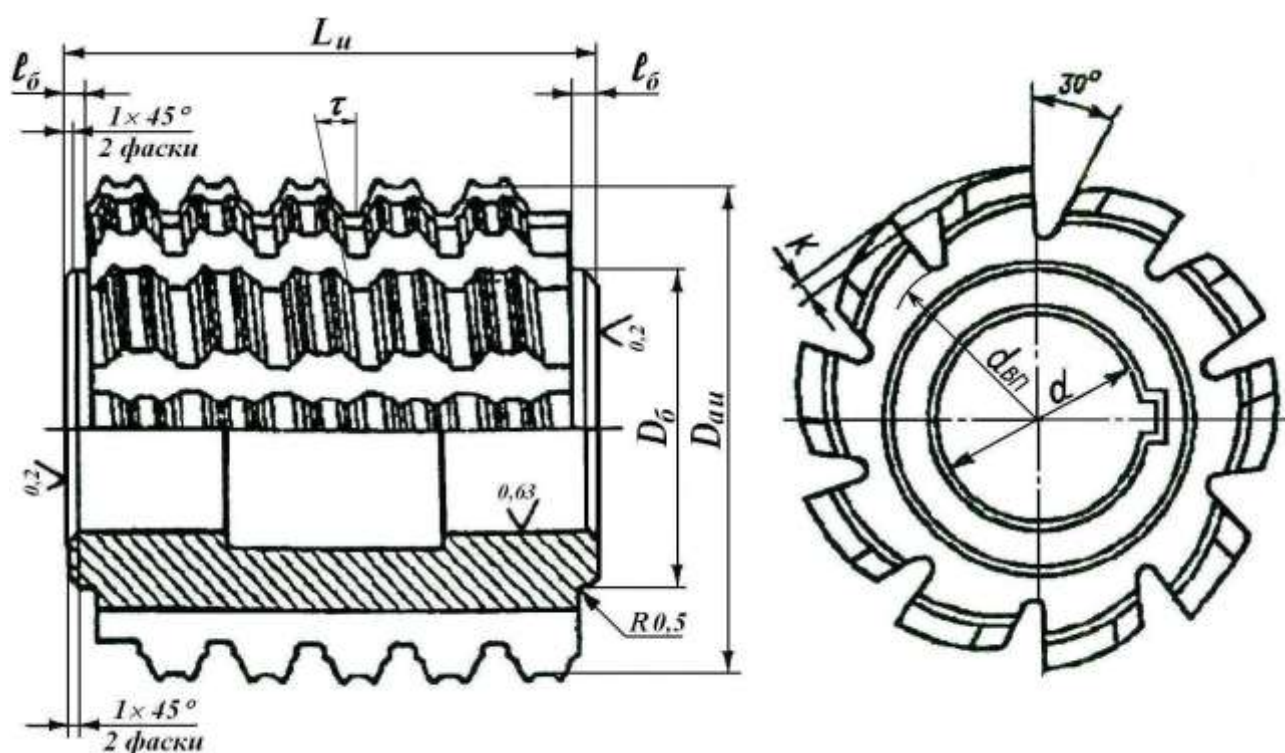


Рисунок 3.2 – Черв'ячна фреза для обробки шліцьового вала

Як інструмент черв'ячну фрезу одержують з черв'яка шляхом прорізання стружкових канавок і затилування задніх поверхонь. Стружкові канавки можуть бути прямими (рівнобіжними осі фрези) або нахиленими. Вихідна інструментальна поверхня різального інструмента це гвинтова поверхня черв'яка. Точно побудувати профіль різального інструмента можна методом просторового профілювання, коли гвинтова поверхня вихідного профілю задається системою рівнянь у трьох координатних площинах, а профіль інструмента визначається в нормальному перетині цієї поверхні. Але це досить складний спосіб. Тому часто при проектуванні профіль вихідної поверхні в нормальному перетині приймається рівним профілеві рейки, сполученої з профілем деталі, і переноситься на черв'ячну фрезу без корекції.

Площинна задача профілювання може бути вирішена графічною побудовою або аналітичним розрахунком. Графічний спосіб забезпечує точність профілю 0,03-

0,05 мм, його основним достоїнством є наочність. Але, через недостатню точність, найчастіше він застосовується як перевірочний.

Площинний аналітичний розрахунок профілю дає досить високу точність при куті підйому витків черв'ячної фрези τ не більш 6° . Коли кут підйому витків черв'ячної фрези $\tau > 6^\circ$ (від 6 до 10°), варто застосовувати точний аналітичний розрахунок.

На підставі аналізу конструкції і ступеня точності вала, що нарізується, з урахуванням літературних рекомендацій вибирають конструкцію, ступінь точності, вид та матеріал черв'ячної фрези.

3.3 Визначення додаткових технологічних даних, необхідних для розрахунку фрези

Додатково розраховують наступні параметри шліцьового вала (див. рис. 3.1) [5].

1. Розрахунковий зовнішній діаметр.

При проектуванні черв'ячної фрези для вала типу С, необхідно витримати умову

$$d_{нк} \leq (d + 2C_{max}),$$

де $d_{нк}$ – діаметр окружності, з якої починається перехідна крива в основі шліцу, C_{max} – максимальне значення фаски на зовнішньому діаметрі шліцьової втулки.

При проектуванні фрези для валика виконання В, необхідно витримати умову

$$d_{нк} \leq d.$$

Якщо ці умови не виконуються, то неможливе з'єднання шліцьового валика зі втулкою.

Розрахунковий зовнішній діаметр шліцьового вала усіх виконань приймається рівним

$$d_{арасч} = d_{amax} - 2C, \text{ мм},$$

де d_{amax} – максимальний зовнішній діаметр шліцьового вала з урахуванням допуску;

C - розмір фаски.

2. Розрахунковий внутрішній діаметр і ширина шліца.

Ширину шліца $b_{расч}$ і внутрішній діаметр $d_{fрасч}$ з урахуванням наявності розбивання при обробці варто приймати рівними:

для валів виконання В

$$d_{fрасч} = d_1;$$

для валів виконання А і С

$$d_{fрасч} = d_{fmin} + 0,25T, \text{ мм},$$

де d_1 - глибина канавки для виходу шліфувального круга;

d_{fmin} – мінімальний внутрішній діаметр шліцьового валу з урахуванням допуску,

T - поле допуску на внутрішній діаметр.

3. Розрахункова ширина шліца.

$$b_{расч} = b_{min} + 0,25T, \text{ мм},$$

де b_{min} - мінімальна ширина шліцьового пазу з урахуванням допуску,
 T - поле допуску на ширину шліца.

4. Діаметр початкової окружності (центроїди) шліцьового вала.

$$d_H = \sqrt{d_{расч}^2 - 0,75b_{расч}^2}, \text{ мм}.$$

4. Кут профілю шліца на початковій окружності.

Профіль шліцьового вала характеризується кутом γ_H між прямою профілю і радіусом, проведеним у точку перетинання прямої профілю з початковою окружністю. Для шліцьових валів з рівнобіжними бічними сторонами кут профілю шліца на початковій окружності

$$\gamma_H = \arcsin \frac{b_{расч.}}{d_H}.$$

3.4 Визначення розмірів зубців фрези в нормальному перетині

Розрахунок черв'ячних фрез полягає, головним чином, у визначенні розмірів профілю фрези в нормальному і осьовому перетинах.

1. Визначення конструктивних параметрів фрези.

До основних конструктивних параметрів фрези відносяться зовнішній діаметр D_{au} , довжина фрези L_u , діаметр отвору під оправку d , число зубців Z_u . Ці параметри вибирають по нормаліям і стандартам, виходячи з паспортних даних верстата і досвіду експлуатації фрез. Конструктивні параметри стандартних черв'ячних фрез для обробки шліцьових валів за ГОСТ 8027-87 наведені у табл.3 додатку 2.

2. Розрахунок розмірів профілю зубців фрези.

Крок профілю фрези по початковій прямій приймається рівним кроку шліців оброблюваного валу

$$t_H = \frac{2\pi d_H}{z}, \text{ мм},$$

де d_H – діаметр початкової окружності шліцьового вала;

z – число шліців на валу.

Товщина зубця фрези по початковій прямій повинна бути більшою товщини шліцьового пазу для утворення зазору в з'єднанні, тому

$$S_H = 2r_H \left(\frac{\pi}{z} - 0,01745 * \gamma_H^\circ \right), \text{ мм}.$$

Висота зубця фрези від початкової прямої до вершини

а) для фрези без вусиків

$$h_{au} = \frac{d_{appac} - d_H}{2},$$

б) для фрези з вусиками

$$h_{au} = \frac{d_n}{2} \sin \alpha_{yc} (\sin \alpha_{yc} - \sin \gamma_n),$$

де α_{yc} – кут профілю зубця фрези з вусиком на вершині

$$\alpha_{yc} = \arccos \frac{d_n}{d_a}.$$

3. Довжина фрези розраховується по формулі

$$L = 2 \left(\sqrt{(D_{au} - h_u) h_u} + S_n \right) + (2 \dots 0,5) t_n + 2 \ell_\delta, \text{ мм},$$

де - $\ell_\delta = 3 \dots 4$ мм – ширина контрольного буртика.

3.5 Профілювання фрези

Для спрощення технології шліфування фрези по профілю часто розрахунковий профіль заміняється дугою окружності (рідше дугами двох окружностей) з обов'язковою перевіркою погрішності даної заміни. Заміна теоретичної кривої дугою окружності рекомендується для шліцьових валів при виконанні умови

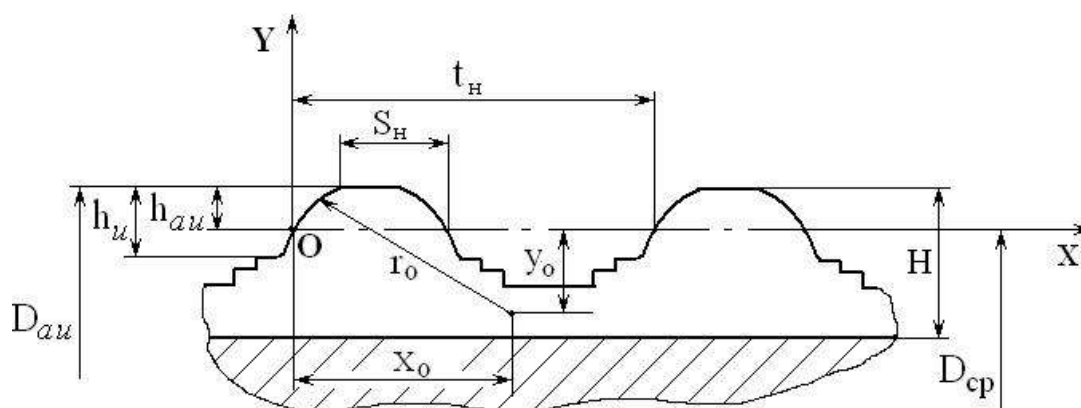
$$h \leq 0,2 r_n,$$

де $h = (d_a - d_f) / 2$ – висота шліцу на валу;

r_n – радіус початкової окружності шліцьового вала.

Якщо ця умова не виконується, виконується заміна профілю дугами двох окружностей.

Координати точок профілю визначаються в прямокутній системі координат XOY. Ось абсцис збігається з початковою прямою інструмента, початок координат – із точкою перетинання різальної кромки і початковою прямою (див. рис. 3.3). При повороті деталі в обкатному русі система переміщується відповідно уздовж початкової прямої.



Для виконання такої заміни розраховують координати центру та радіус дуги окружності, що заміняє профіль фрези.

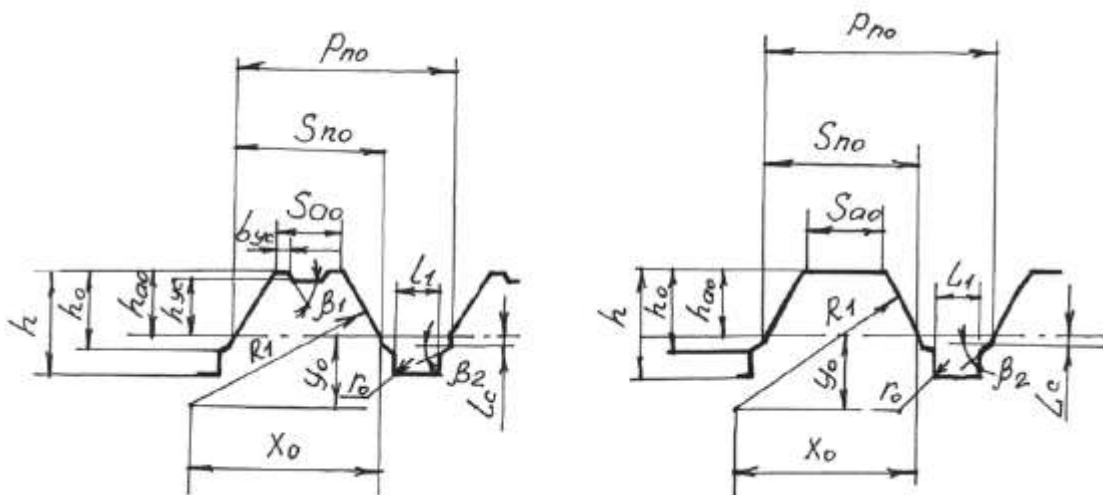


Рисунок 3.3 – Розміри зубця фрези в нормальному перетині

1. Розрахунок координат точок профілю фрези.

Рішення задачі засноване на властивості загальних нормалей до профілів проходить через полюс і точку контакту. Задаючи кут повороту профілю деталі при обкатуванні δ_i у визначених межах і визначаючи кут між загальною нормаллю до профілю і віссю X у точці контакту, можна знайти ординати точок профілю фрези. При проектуванні фрез нормальної точності досить розрахувати координати двох точок на профілі фрези.

Ординати цих точок приймають рівними

$$y_1 = (0,4 \dots 0,5)h_{au},$$

$$y_2 = 0,9h_{au},$$

де h_{au} – висота зубця фрези від початкової прямої до вершини.

Кути обкату для заданих крапок профілю фрези рівні:

$$\delta_i = \arcsin \left[\frac{\sin \gamma_H}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_H}{2} \right)^2 + \frac{y_i}{r_H}} \right],$$

де i – номер точки профілю.

Абсциси точок профілю фрези:

$$x_i = r_H \left[\delta_i - \gamma_H - \left(r_H \sin \delta_i - \frac{b_{расч}}{2} \right) \cos \delta_i \right], \text{ мм.}$$

Значення кутів підставлені у радіанах.

2. Розрахунок координат центра дуги окружності, що заміняє профіль фрези

$$y_0 = \frac{x_1 y_2^2 + y_2^2 x_2 - x_2 y_1^2 - y_1^2 x_1}{2 x_1 y_2 - x_2 y_1}, \text{ мм,}$$

$$x_0 = \frac{x_1^2 - 2y_0y_1 + y_1^2}{2x_1}, \text{ мм.}$$

3. Розрахунок радіусу дуги окружності, що заміщає профіль фрези

$$r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}, \text{ мм.}$$

4. Перевірка відсутності перехідної кривої у основи шліца вала після нарізання фрезою.

Умову правильності формування профілю можна записати так

$$R_c \leq 0,50,5D_{f \min},$$

де R_c – радіус окружності, з якої починається перехідна крива від бокової поверхні шліца до внутрішньої окружності вала (точка С на рис. 3.4)

$D_{f \min}$ - внутрішній діаметр шліцьової втулки, яка працює у сполученні з даним валом з урахуванням паля допуску (вибирається з ГОСТу на шліцьове з'єднання). Для валів виконання А $D_{f \min} = d_f$, для валів виконання В $D_{f \min} = d_1$.

Для шліцьових валів виконання А, які нарізуються фрезою з вусиками, проводити перевірку не потрібно, через те, що в основі шліца виконана канавка і поява перехідної кривої неможливо.

Для фрез без вусиків радіус окружності, з якої починається перехідна крива від бокової поверхні шліца до внутрішньої окружності вала визначається по формулах:

$$R_c = \sqrt{\frac{d_{f \text{pac}}^2}{4} + X_c^2},$$

$$X_c = \left(\frac{d_n}{2} \sin \alpha_c - \frac{b_{\text{pac}}}{2} \right) \cos \alpha_c,$$

$$\alpha_c = \arcsin \left[\frac{\sin \gamma_n}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_n}{2} \right)^2 + \frac{h_{au}}{r_n}} \right].$$

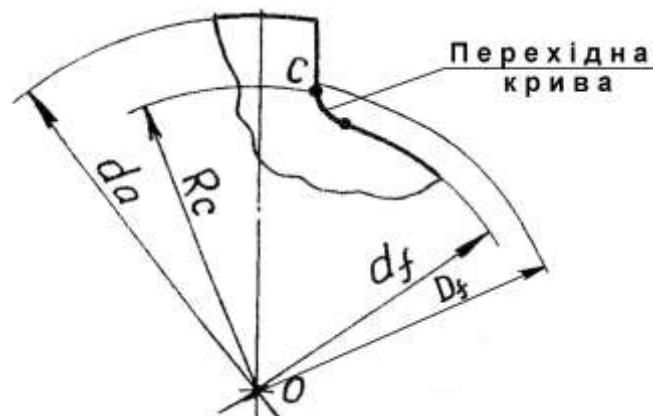


Рисунок 3.4 – Утворення перехідної кривої у основи шліца

.Якщо умова перевірки не виконується, необхідно збільшити висоту голівки зубця фрези до наступного значення

$$h_{a_{yв}} = r_H \left[1 + \sin^2 \gamma_H - \left(\frac{0,5 d_f}{r_H} \right)^2 - \sin \gamma_H \sqrt{1 + \sin^2 \gamma_H - \left(\frac{0,5 d_f}{r_H} \right)^2} \right].$$

При такій висоті голівки зуба буде спостерігатися зменшення діаметра окружності западин

$$d_{f_{yв}} = d_n - 2 h_{a_{yв}} \geq d_f$$

Для того, щоб це зменшення не привело до появи бракованих деталей, на вершинах зубців фрези передбачаються вусики, при цьому перехідна крива буде утворюватися в додаткових канавках, не торкаючи іншу частину окружності d_f .

3.6 Визначення геометричних параметрів фрези

1. Призначення кутів різання.

Кути різання повинні мати наступні значення. Передній кут на вершині зубця $\gamma_{в}$ звичайно приймається рівним 0, що полегшує профілювання фрези. В окремих випадках для напівчистових і чорнових фрез $\gamma_{в}=(5...10)^\circ$.

Задній кут на вершині зубця $\alpha_{е}=(10...12)^\circ$

2. Визначення величини падіння затилку.

Для збереження профілю зубців фрези після перезагострювання задня поверхня фрези утворюється шляхом затилування. Для фрез класів точності В, С, D затилування виконують різцем без наступного шліфування.

Величина падіння затилку у цьому випадку визначається по формулі

$$K = \frac{\pi D_{au}}{Z_u} \operatorname{tg} \alpha_{е},$$

де $\alpha_{е}$ - задній кут на вершині фрези;

D_{au} і Z_u - зовнішній діаметр і число зубців фрези відповідно.

Для чистових і прецизійних фрез зі шліфованим профілем виконують подвійне затилування. Перший затилок величиною K шліфують, другий - формують різцем. Величина падіння другого затилку

$$K_1 = 1,2 \div 1,5 \bar{K}.$$

Розраховані значення величин падіння затилків округляють до величини, кратної 0,5 мм.

3. Середній розрахунковий діаметр фрези.

Для збільшення терміну служби фрез подальші розрахунки проводять по середньому розрахунковому діаметрі, величина якого дорівнює

$$D_{cp} = D_{au} - 2h_{au} - 0,5K, \text{ мм,}$$

де h_{au} - висота голівки зубця фрези.

4. Кут підйому витка вихідного черв'яка фрези.

$$\sin \tau_H = \frac{t_H}{\pi D_{cp}}$$

3.7 Визначення розмірів зубців фрези в осьовому перетині

1. Визначення напрямку та куту нахилу стружкових канавок.

Черв'ячні фрези з кутом підйому витка $\tau \leq 3$ можуть бути виконані з осьовими стружковими канавками або з гвинтовими. При $\tau > 3$ стружкові канавки виконуються тільки гвинтовими. У випадку виконання гвинтових стружкових канавок їх напрямки протилежний напрямкові витка фрези, а кут нахилу дорівнює кутові нахилу витка $\omega = \tau$.

2. Визначення параметрів зубців фрези.

Для можливості контролю правильності виготовлення фрези розраховують та проставляють на кресленні шаг t_{oc} і товщину зубця фрези S_{oc} в осьовому перетині.

$$S_{oc} = \frac{S_u}{\cos \omega}, \text{ мм}, \quad t_{oc} = \frac{t_H}{\cos \omega}, \text{ мм}.$$

5. Визначення профілю стружкових канавок фрези (див. рис. 3.3).

- Кут фаски β_c вибирається в залежності від кількості шліців на валу.
- | | |
|-----------------|--------------------|
| $n=4 \dots 8$ | $\beta_c=35^\circ$ |
| $n=10 \dots 14$ | $\beta_c=40^\circ$ |
| $n=16 \dots 20$ | $\beta_c=45^\circ$ |

- Скос фаски від початкової прямої L_c

$$L_c = \frac{d_{appac} - d_n}{2}.$$

- Висота фаски $h_\phi = c$.
- Висота профілю зубця фрези

$$h_u = h_{au} + L_c + h_\phi.$$

- Глибина канавки $h_\kappa = (0,5 \dots 1,0)$ мм.
- Ширина канавки

$$L_1 = \frac{\pi d_n}{n} - S_{oc} - \frac{2h_\phi}{\text{tg} \beta_c} - \frac{2L_c}{\text{tg} \alpha_s}.$$

- Радіус дна канавки $r_0 = (1 \dots 2)$ мм.
- Висота зубця фрези

$$h = h_u + h_\kappa.$$

3. Розрахунок глибини стружкових канавок фрези.

Глибина стружкової канавки фрези визначається по формулах:

а) для фрез зі шліфованим профілем

$$H = h_u + \frac{K + K_1}{2} + \frac{1}{2} \div 2 \text{ мм};$$

б) для фрез з не шліфованим профілем

$$H = h_u + K + \frac{d}{2}, \text{ мм.}$$

4. Визначення шагу стружкових канавок.

Осьовий шаг гвинтовий стружкової канавки підраховується тільки для фрези з гвинтовими канавками

$$T = t_{oc} \operatorname{ctg}^2 \omega, \text{ мм.}$$

Вусики на фрезі роблять також при обробці шліцьового вала з центруванням по внутрішньому діаметрі. Недолік фрез з вусиком – їхня менша стійкість за рахунок швидкого зносу «вусика».

5. Параметри вусиків

- Ширина вусика є конструктивною величиною

$$b_y = 0,7-2 \text{ мм.}$$

- Висота профілю зубця фрези від початкової прямої до вусика

$$h_{yc} = \frac{d_n - d_{fрас}}{2}.$$

Інші розміри фрез розраховуються і вибираються аналогічно черв'ячним зуборізним фрезам. Технічні умови на черв'ячні шліцьові фрези вибирають за ДСТУ 8027-86. Основні розміри стандартних черв'ячних фрез за ГОСТ 8027-87 наведені у табл. 3 додатку 2. Допуски на виготовлення розмірів фрез вибирають по ГОСТ 9324-80E, або по довіднику [6].

4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ДОВБАЧА ДЛЯ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

4.1 Вихідні дані для проектування довбача

Для розрахунку повинні бути відомі наступні дані про колесо та шестерню, що нарізуються:

- модуль коліс m_k ;
- профільний кут α_k ;
- числа зубців шестірни Z_1 і колеса Z_2 ;
- кут нахилу зубців на ділильній окружності β_k ;
- ступінь точності коліс, що нарізуються;
- матеріал оброблюваних коліс.

4.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції довбача

Зуборізні довбачі застосовують для нарізування коліс із зовнішніми і внутрішніми прямими і гвинтовими зубцями. Це єдиний інструмент, яким можна нарізати колеса блочного типу, із шевронними зубцями, внутрішнього зачеплення методом обкату.

Довбач являє собою прямозубе або косозубе кореговане зубчасте колесо, на якому утворені різальні кромки. Стандартні довбачі розраховані з умови нарізування зубчастих коліс у діапазоні чисел зубців 17-120 модулів 1-12 мм (ГОСТ 9323-79). Чистові довбачі нарізують колеса 6-8 ступеня точності.

ГОСТ 9323-79 передбачає наступні типи довбачів:

- тип 1, дискові прямозубі з модулем m від 1 до 12 мм, діаметр ділильної окружності $D_d = 75; 100; 125; 160; 200$ мм;
- тип 2, дискові косозубі, $m = 1-7$ мм, $D_d = 100$ мм, $\beta = 15$ і 23° ;
- тип 3, чашкові прямозубі, $m = 1-9$ мм, $D_d = 50; 75; 100; 125$ мм;
- тип 4, хвостові прямозубі, $m = 1-4$ мм, $D_d = 25; 38$ мм;
- тип 5, хвостові косозубі, $m = 1-4$ мм, $D_d = 38$ мм, $\beta = 15$ і 23° .

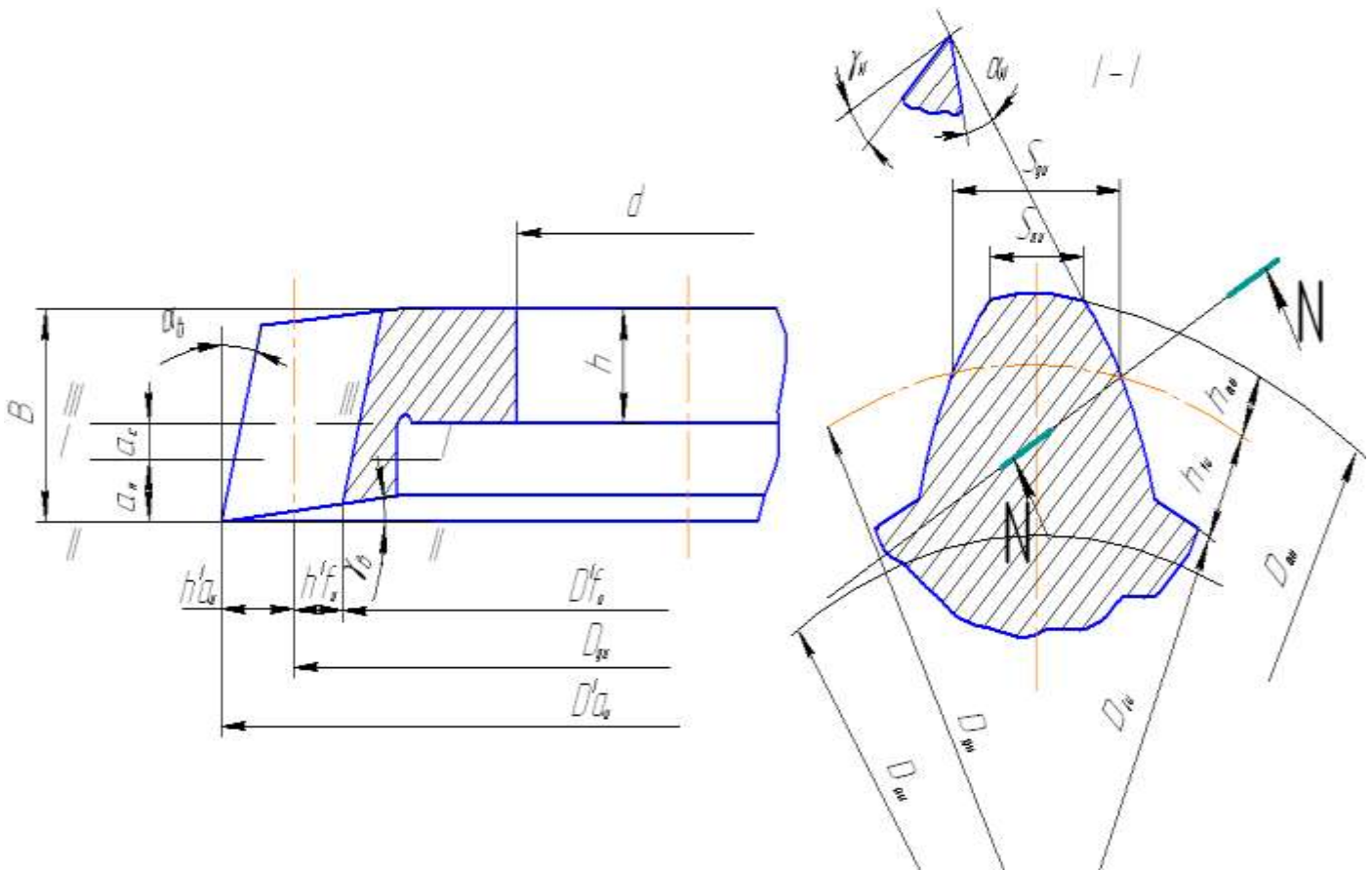


Рисунок 4.1 - Загальний вид зуборізного довбача:

I-I – вихідний перетин; II-II - торцевий перетин, що відповідає новому довбачу;
III-III - кінцевий перетин, що відповідає гранично сточеному довбачу

Дискові довбачі застосовують для обробки прямозубих та косозубих коліс зовнішнього зачеплення. Чашкові довбачі застосовують для обробки зубчастих блоків і інших зубчастих коліс з обмеженою відстанню для виходу довбача. Хвостові довбачі рекомендуються для обробки коліс внутрішнього зачеплення, вони і мають хвостовик з укороченим конус Морзе за ГОСТ 9953-82

Дискові і чашкові прямозубі довбачі випускаються класів точності AA, A, B для обробки коліс 6-8 ступеня точності відповідно. Косозубі довбачі випускаються класів точності – A и B; хвостові – B.

Дискові і чашкові довбачі виготовляють зі швидкорізальної сталі переважно цільної конструкції. Твердість різальної частини повинна бути не менш 63...66 HRC₃.

Поверхню зуба колеса, що нарізується, отримують як огинаючу послідовних положень виробничої поверхні довбача, що утворюється поступальним рухом різальної кромки прямозубих довбачів і гвинтовим рухом косозубих.

Вихідним перетином довбача називається перетин, у якому розміри зубця довбача дорівнюють розмірам зубця вихідної інструментальної рейки. Розміри профілю зубця інструментальної рейки відповідають формі западин між зубцями оброблюваного колеса, тобто зуборізний інструмент працює в парі з оброблюваним колесом без бічного і радіального зазорів.

Зовнішній вид дискового прямозубого довбача приведений на рис. 4.1.

На підставі аналізу конструкції і ступені точності коліс, що нарізуються, з урахуванням літературних рекомендацій вибирають конструкцію і ступінь точності довбача.

4.3 Визначення додаткових технологічних даних, необхідних для розрахунку довбача

Для проектного розрахунку довбача необхідно визначити додаткові дані про розміри коліс, що нарізуються.

1. Усі діаметри коліс (d_{d1} , d_{d2} , d_{a1} , d_{a2} , d_{f1} , d_{f2} , d_{o1} , d_{o2}), а також висоту голівки (h_{a1} , h_{a2}), ніжки зуба (h_{f1} , h_{f2}), товщину (S_{dk}) і шаг (t_{dk}) зубців по ділильному діаметрі визначають по формулам теорії зубчастого зачеплення.

2. Дійсний кут зачеплення в передачі

$$\alpha_{1,2} = \arccos \frac{(d_{o1} + d_{o2}) \cos \alpha}{2A_{1,2}},$$

де $A_{1,2}$ - міжосьова відстань у зубчастій передачі, розраховується по формулі теорії зубчастого зачеплення, мм.

4.4 Визначення геометричних параметрів довбача

1. *Передній кут на вершині довбача.*

Для одержання переднього кута довбач загострюють по конусі з кутом при основі γ_B . Таке загострення негативно впливає на точність профілю коліс, що нарізуються, тому кут γ_B приймається порівняно невеликим. Для чистових довбачів (класів точності AA та A) $\gamma_B = 5^\circ$, для чорнових (класу точності B) передній кут звичайно приймається $\gamma_B = 10^\circ$.

2. *Профільний кут довбача.*

Щоб зменшити скривлення профілю, пов'язаного з наявністю кута γ_B , профільний кут вихідного контуру α_u при виготовленні приймається більше, ніж профільний кут коліс, що нарізуються, α_k . Він визначається по формулі

$$\alpha_u = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha_k}{1 - \operatorname{tg} \alpha_e * \operatorname{tg} \gamma_e},$$

де α_k – профільний кут оброблюваного колеса;

α_e та γ_e – задній та передній кути при вершині довбача відповідно.

2. *Задній кут на вершині.*

Задній кут визначають з умови забезпечення достатнього бічного заднього кута в перетині N-N (див. рис. 4.1)

Для стандартних довбачів $\alpha_B = 6^\circ$.

Необхідно перевірити виконання умови:

$$\alpha_N = \arctg(\operatorname{tg}\alpha_s * \sin \alpha_u) \geq 2^\circ,$$

де α_u – профільний кут довбача.

Якщо умова не виконується, необхідно збільшити задній кут.

4.5 Визначення розмірів довбача у вихідному перетині

Довбач можна розглядати як кореговане прямокутне колесо з перемінним у кожному перетині, перпендикулярному осі, зміщення вихідного контуру зубчастої рейки. Перетин площиною I-I, у якому зміщення вихідного контуру $X=\xi_u m=0$, називається вихідним перетином.

Для того, щоб було можливо нарізати довбачем дану пару зубчастих коліс, необхідно щоб у довбача і коліс, що нарізуються, збігалися наступні параметри: модуль ($m_1 = m_2 = m_u$), кут нахилу зубців на ділильному діаметрі ($\beta_1 = \beta_2 = \beta_u$). Крім того, необхідно, щоб шаг довбача був рівним шагу зубчастих коліс, що нарізуються,

$$t_{du} = t_{d1} = t_{d2}, \text{ мм.}$$

1. Товщина зуба довбача на ділильній окружності по нормалі.

$$S_{du} = \pi m - S_{d1} + \delta, \text{ мм,}$$

де δ - бічний зазор у передачі (визначається по табл.1, дод.2).

2. Висота зуба довбача.

Для того, щоб внутрішній діаметр довбача під час нарізання не контактував з зовнішнім діаметром колеса, висота зуба довбача приймається рівною:

$$h_u = 2,5m, \text{ мм;}$$

$$h_{au} = h_{fu} = 1,25m, \text{ мм.}$$

2. Ділильний діаметр довбача.

Номінальний ділильний діаметр довбача (D_{du}) вибирають з табл. 4, дод.2 у залежності від модуля.

3. Число зубців довбача

$$Z_u = \frac{D_{du}}{m}.$$

Розраховане число зубців округляють до цілого числа й уточнюють значення ділильного діаметра.

4. Теоретичний діаметр основної окружності.

$$D_{ou} = D_{du} \cos \alpha_u, \text{ мм.}$$

5. Діаметр зовнішньої окружності довбача.

$$D_{au} = D_{du} + 2h_{au}, \text{ мм.}$$

6. Діаметр внутрішньої окружності довбача.

$$D_{fu} = D_{du} - 2h_{fu}, \text{ мм.}$$

7. Бічний задній кут у площині, рівнобіжній осі довбача

$$\delta_{бок} = \arctg \frac{tg \delta_n}{\cos \alpha_u},$$

де - δ_n номінальний задній кут приймається рівним (2,5-3)°.

7. Кут тиску на вершині зуба.

$$\alpha_{au} = \arccos \frac{D_{ou}}{D_{au}}.$$

8. Товщина зуба на вершині.

$$S_{au} = D_{au} \left(\frac{S_{\hat{d}u}}{D_{\hat{d}u}} + inv \alpha_u - inv \alpha_{au} \right), \text{ мм.}$$

4.6 Визначення вихідних відстаней довбача

Розрахунок довбача в основному зводиться до визначення оптимальних значень вихідних відстаней для конкретних умов роботи. Проектний розрахунок повинний забезпечити одержання ідентичних розмірів зубців колеса, що нарізується, за весь термін служби довбача, виключаючи небезпеку підрізання ніжки або неповної обробки голівки зуба зношеним довбачем, а також утворення великої перехідної кривої новим довбачем.

4.6.1 Визначення позитивної вихідної відстані довбача.

При розрахунку довбача необхідно приймати максимальне значення коефіцієнта зміщення ξ_{max} . Це підвищує якість оброблюваної поверхні і точність профілю колеса, що нарізується.

Максимальний коефіцієнт зміщення лімітується: 1) загостренням зубця довбача; 2) інтерференцією з перехідними кривими, що може виникнути в процесі зачеплення зубчастих коліс, нарізаних даним довбачем.

Одним з обмежень при виборі величини вихідної відстані a_n є неприпустимість загострення вершин зубців довбача, що має місце при великих величинах a_n і може привести до швидкого зносу вершини зуба. Щоб уникнути цього зуб довбача повинний мати по окружності виступів деяку мінімальну товщину зубця S_{amin} .

Мінімальна товщина зубця довбача по окружності виступів визначається по формулі

$$S_{amin} = k * m, \text{ мм,}$$

де k – коефіцієнт, що залежить від модулю:

m	k
1—1,5	0,46—0,41
1,75—2,75 .	0,40—0,31
3,00—4,0	0,30—0,25
4,25—6,0	0,25—0,20
7,0—8,0	0,20—0,10

Максимальний коефіцієнт зміщення ξ_{max} визначають по графіках, приведеним на рис. 4.2 у залежності від числа зубців довбача і коефіцієнта k у формулі товщини зубця.

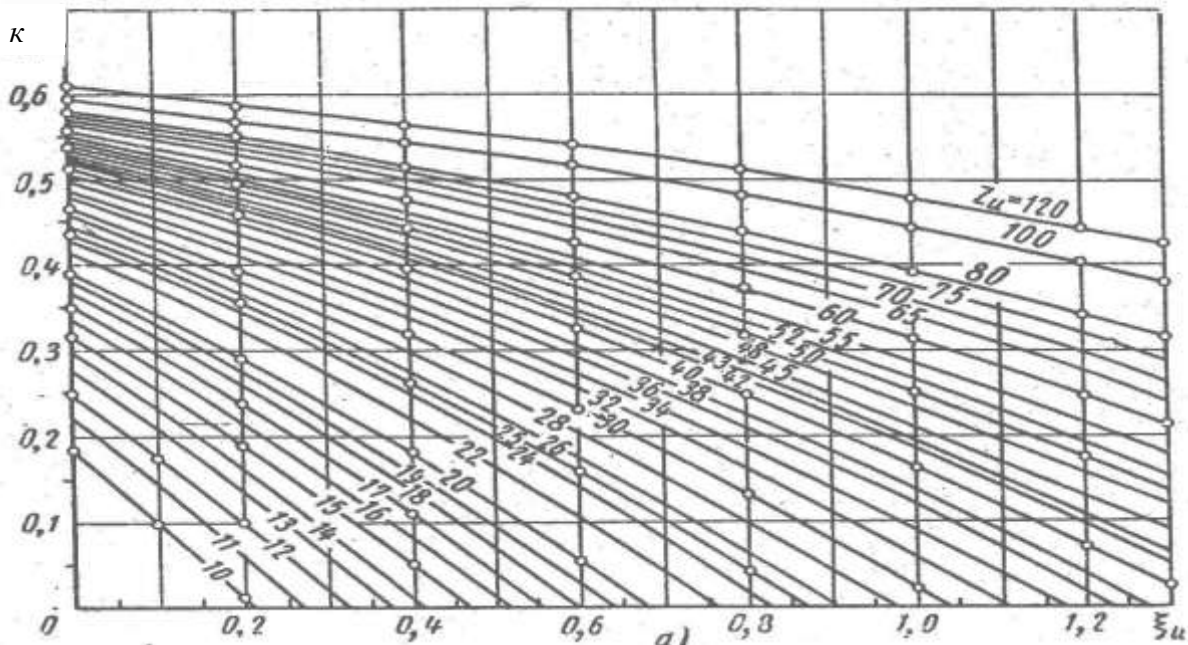


Рисунок 4.2 - Графік для визначення максимального коефіцієнта зміщення довбача

Для знайденого за графіком максимального коефіцієнта зміщення розраховують дійсну товщину зубця нового довбача на окружності виступів по формулі

$$S_{au} = D_{au} \left(\frac{S_{du} + 2\xi m^* \operatorname{tg} \alpha_u}{D_{du}} + \operatorname{inv} \alpha_u - \operatorname{inv} \alpha_{au} \right), \text{ мм}$$

і перевіряють виконання умови

$$S_{au} \geq S_{amin}.$$

Обране значення коефіцієнта зміщення необхідно перевірити на відсутність інтерференції з перехідними кривими. Для цього повинні бути дотримані наступні нерівності:

1 умова відсутності перехідної кривої на зубцях шестірні

$$\rho_1 - \rho_{u1} \geq 0,$$

де $\rho_1 = A_{1,2} \sin \alpha_{1,2} - 0,5 \sqrt{d_{a2}^2 - d_{o2}^2}$, мм - найбільший радіус кривизни профілю зуба шестірні,

$\rho_{u1} = A_{u1} \sin \alpha_{u1} - 0,5 \sqrt{D_{au}^2 - D_{ou}^2}$, мм - найбільший радіус кривизни профілю зуба довбача при нарізуванні шестірні,

- α_{u1} - кут зачеплення в передачі шестерня-довбач,

$$\alpha_{u1} = \arccos \frac{(d_{\partial 1} + D_{du}) \cos \alpha_u}{2A_{u1}},$$

A_{u1} - міжцентрова відстань у передачі шестерня-довбач,

$$A_{u1} = \frac{m}{2} \frac{Z_1 + Z_u}{\cos \alpha_u}.$$

2 умова відсутності перехідної кривої на зубі колеса

$$\rho_2 - \rho_{u2} \geq 0,$$

де $\rho_2 = A_{1,2} \sin \alpha_{1,2} - 0,5 \sqrt{d_{a1}^2 - d_{o1}^2}$, мм - найбільший радіус кривизни профі-

лю зуба колеса,

$\rho_{u2} = A_{u2} \sin \alpha_{u2} - 0,5 \sqrt{D_{au}^2 - D_{ou}^2}$, мм - найбільший радіус кривизни профілю зуба

довбача при нарізуванні колеса,

- α_{u2} – кут зачеплення в передачі колесо-довбач,

$$\alpha_{u2} = \arccos \frac{(d_{o2} + D_{du}) \cos \alpha_u}{2A_{u2}},$$

A_{u2} – міжцентрова відстань у передачі колесо-довбач,

$$A_{u2} = \frac{m(Z_2 + Z_u) \cos \alpha_k}{2 \cos \alpha_u}, \text{ мм.}$$

Невиконання першої умови вказує на підрізання шестірні, другого - на підрізання колеса.

Якщо при обраному ξ_{\max} по загостренню зубця небезпеки інтерференції не виникне, то позитивний коефіцієнт зміщення довбача ξ_n приймається рівним ξ_{\max} . При наявності інтерференції коефіцієнт зміщення ξ_n зменшують і ще раз проводять перевірку на відсутність інтерференції.

Іноді, особливо при малих значеннях Z_u , величина ξ_n може вийти негативною, що небажано. У цьому випадку треба намагатися виключити інтерференцію зменшенням діаметрів оброблюваних коліс. Але це можливо тільки за узгодженням з конструктором зубчатої передачі.

Позитивна вихідна відстань a_n передньої поверхні нового довбача від вихідного перетину визначається по формулі

$$\alpha_n = \frac{\xi_n m}{\text{tg} \alpha_g}, \text{ мм.}$$

4.6.2 Негативна вихідна відстань довбача.

Негативна вихідна відстань довбача (перетин III-III на рис. 4.1) визначає розміри довбача після всіх переzagострювань. Товщина довбача, що залишилася, обмежується: 1) міцністю зубців довбача; 2) зрізанням кромки зубців у коліс, що нарізаються, прямолінійною ділянкою ніжки зубця довбача; 3) підрізанням зубців коліс, що нарізаються.

Припустима величина зрізу кромки колеса ΔR залежить від умов роботи передачі, ступеня точності і призначається конструктором. Якщо зрізання крайки не допускається, то $\Delta R = 0$.

Мінімальний коефіцієнт зміщення ξ_{\min} , при якому висота зрізу кромки колеса буде дорівнює припустимій величині ΔR , визначається по формулі

$$\xi_{\min} = \text{inv}\alpha_{\min} - \text{inv}\alpha \frac{z_1 + z_u}{-2\text{tg}\alpha_c},$$

де

$$\alpha_{\min} = \arctg \frac{2\sqrt{R_{au} - \Delta R^2 - R_{ou}^2}}{m(z_u + z_1)\cos\alpha_c}.$$

Розраховане значення ξ_{\min} перевіряють на відсутність підрізання зуба колеса. Підрізання виключається, якщо виконується умова

$$\sqrt{R_{u1} \sin^2 \alpha_{\min} + R_{ou}^2} - R_{au} \geq 0.$$

Якщо в результаті перевірки буде встановлена наявність підрізання, то треба збільшити коефіцієнт зміщення ξ_{\min} .

Максимальна негативна вихідна відстань гранично сточеного довбача a_c визначається по формулі

$$\alpha_c = \frac{\xi_{\min} m}{\text{tg}\alpha_g}, \text{ мм.}$$

4.7 Визначення висоти довбача

4.7.1 Максимально можлива величина сточування довбача уздовж його осі.

$$H = a_n + |a_c|, \text{ мм.}$$

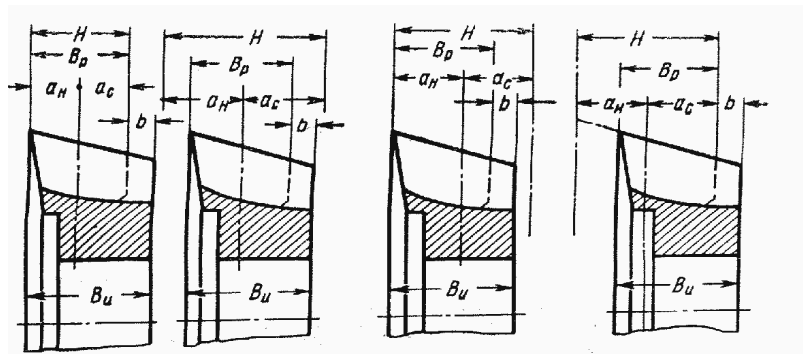
4.7.2 Висота довбача.

Якщо розрахована величина можливого сточування довбача H менше максимально припустимої висоти робочої частини довбача $B_u - B_{uzn}$ (визначається по таблиці 4, дод.2), то

$$B_u = H + B_{uzn}, \text{ мм,}$$

де B_{uzn} – мінімальна товщина довбача за умовою міцності, вибирається по табл. 4, дод.2.

Якщо розрахована величина можливого сточування довбача H перевищує максимально припустиму по технологічних можливостях шліфування висоту довбача B_u (визначається по таблиці 4, дод.2), то як остаточну висоту довбача приймається величина B_u , вибрану з таблиці. У цьому випадку можливо кілька випадків розташування вихідного перетину довбача (див. рис. 4.3). Варіант вибирається в залежності від співвідношення величин a_n , H и B_u .



а) б) в) г)

Рисунок 4.3 - Варіанти розташування вихідного перетину довбача:
a і *б* - симетричне розташування вихідних відстаней; *в* - з повним використанням позитивної вихідної відстані; *г* - з повним використанням негативної відстані.

1. Позитивна вихідна відстань довбача приймається рівною розрахованому значення a_n , якщо $H < B_u$ (рис.. 4.3,а), де B_u - максимально припустима робоча висота довбача по технологічних можливостях його шліфування (визначається по таблиці 4, дод.2).

2. Позитивна вихідна відстань $a_n = a_c = 0,5B_u$ (рис.. 4.3,б), якщо $a_n > 0,5B_u$, і $a_c > 0,5B_u$, де B_u - максимально припустима робоча висота довбача по технологічних можливостях його шліфування (визначається по таблиці 4, дод.2).

3. Позитивна вихідна відстань приймається рівною розрахованому значення a_n , $a_c = B_u - a_n$, якщо $a_n < 0,5B_u$, і $a_c > 0,5B_u$ (рис. 4.3,в).

4. Позитивна вихідна відстань $a_n = B_u - a_c$, якщо $a_c < 0,5B_u$ і $a_n > 0,5B_u$, (рис. 4.3,г).

4.8 Визначення розмірів довбача по передній поверхні

4.8.1 Зовнішній діаметр нового довбача

$$D_{au}' = \frac{(d_{d1} + D_{du}) \cos \alpha_u}{\cos \alpha_n} - d_{f1}, \text{ мм},$$

де α_n - верстатний кут зачеплення нового довбача

$$\text{inv} \alpha_n = \frac{2\xi_{\max} \text{mtg} \alpha_u}{d_{d1} + D_{du}} + \text{inv} \alpha_u.$$

4.8.2 Товщина зуба на ділильній окружності по нормалі

$$S_{dn} = S_{du} + 2a_n * \text{tg} \alpha_e * \text{tg} \alpha_u ..$$

4.8.4 Висота голівки зуба довбача по передній поверхні

$$h'_{au} = \frac{D_{au}' - D_{cu}}{2 \cos \gamma_e}, \text{ мм}.$$

Основні розміри стандартних довбачів за ГОСТ 9324-79 наведені у табл.4, додатку 2.

5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ДИСКОВОГО ШЕВЕРА

5.1 Вихідні дані для проектування шевера

Для проектного розрахунку повинні бути відомі наступні дані:

- модуль оброблюваного колеса, m ;
- профільний кут α ;
- числа зубців шестірні Z_1 і колеса Z_2 ;
- кут нахилу зубців колеса на ділильній окружності β ;
- ступінь точності оброблюваних коліс;
- матеріал оброблюваних коліс.

5.2 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції шевера

Шевер являє собою багатолезовий інструмент, що має вигляд косозубого (дисковий) або черв'ячного (черв'ячний) зубчастого колеса, або косозубої рейки (рейковий) з лезами на бічних сторонах зубців. Шевери у виді зубчастого колеса або рейки призначені для обробки циліндричних коліс, а у виді черв'яка – для обробки черв'ячних коліс.

Шевери застосовують для чистової обробки незагартованих зубчастих циліндричних коліс модулем $m=0,2\dots 8,0$ мм із прямим і гвинтовим зубцями після зубофрезерування або зубодовбання. Під час шевінгування точність колеса підвищується на одну ступінь. При цьому виправляється профіль зубців, шаг, биття зубчастого вінця і знижується шорсткість поверхні до $R_a=0,63\dots 0,32$ мкм. Накопичена погрішність окружного шагу колеса при шевінгуванні майже не виправляється.

Дисковий шевер уявляє собою евольвентне косозубе колесо з висотною корекцією, на бічних поверхнях зубців якого сформовані канавки, які утворюють різальні кромки. Суть шевінгування полягає в тім, що шевер своїми різальними кромками зскрібає з бічних поверхонь зубців колеса дуже тонкі стружки. Припуски, що знімаються при шевінгуванні, дорівнює $\Delta S=0,035m_n$, і не перевищують 0,1 мм. Стійкість шевера до переточування складає 10-15 тис. коліс. Число переточувань шевера 4-6.

Для обробки циліндричних коліс зовнішнього і внутрішнього зачеплення найбільше поширення одержали дискові шевери. Стандартні шевери мають кут нахилу $\beta_n = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$. Шевери з $\beta_n=5^\circ$ застосовують для обробки зубчастих блоків, коли простір для виходу інструмента обмежений.

Шевери виготовляють класів точності АА; А і В і забезпечують, відповідно, одержання коліс 5 – 7-го ступеня точності.

Шевери виготовляють зі швидкорізальної сталі переважно цільної конструкції. Твердість різальної частини повинна бути не менше 60-62 HRC_e.

Шевери необхідно проектувати для обробки коліс з визначеним числом зубців. Але у дрібносерійному та індивідуальному виробництві звичайно застосовують шевери загального призначення за ГОСТ 8570-80Е. Для масового виробництва шевер проектують для обробки колеса одного розміру.

Загальний вид дискового шевера приведений на рис. 5.1.

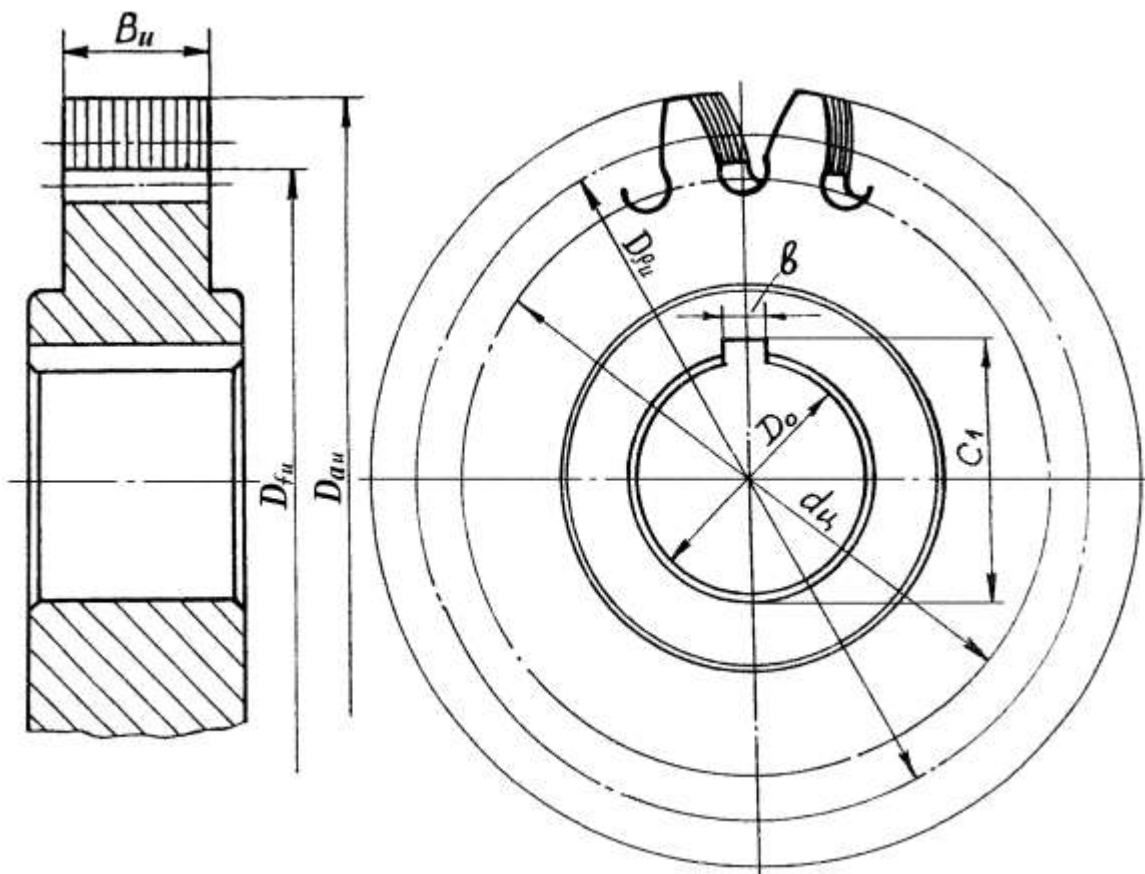


Рисунок 5.1 - Загальний вид дискового шевера

На підставі аналізу конструкції і ступені точності оброблюваного колеса з урахуванням літературних рекомендацій вибирають конструкцію, ступінь точності, матеріал шевера.

5.3 Розрахунок додаткових параметрів оброблюваного колеса

Висоту голівки $h_{ак}$ і ніжки $h_{фк}$, зубця колеса, що нарізається, товщину зубця $S_{ак}$ та шаг t_{dk} по ділильному діаметрі, діаметри ділильний d_d , виступів d_a , западин d_f , основний d_o визначають по формулах теорії зубчастого зачеплення.

Радіус кривизни в точці початку активної частини профілю зубця колеса, що нарізається

$$\rho_1 = A_{1,2} \sin \alpha_{12} - 0,5 \sqrt{d_{a2}^2 - d_{f2}^2}$$

де A – міжцентрова відстань в передачі;

d_{a2} , d_{f2} – діаметри виступів та западин колеса з більшим числом зубців;

α_{12} - кут зачеплення в передачі

$$\alpha_{12} = \arccos \frac{(d_{e1} + d_{d2}) \cos \alpha}{2A_{12}}.$$

Довжина активної лінії зачеплення

$$L = 0,5 \sqrt{d_{a1}^2 + d_{f1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 + d_{f2}^2} - A_{12} \sin \alpha_{12}.$$

Необхідне під час шевінгування перекриття активної частини профілю зубця колеса, що нарізується

$$\Delta L = 0,15m / \sin \alpha_{12}.$$

Коефіцієнт перекриття обробкою при зачепленні колеса з шевером

$$\varepsilon = 1 - \Delta L / \pi m \cos \alpha.$$

Повинна виконуватись вимога $\varepsilon \geq 1,1$. Якщо ця вимога не виконується, шевінгування не можливе.

5.4 Проектний розрахунок шевера

Проектний розрахунок шевера полягає у визначенні його розмірів і перевірці правильності зачеплення оброблених коліс.

Вихідною поверхнею шевера є теоретичне косозубе колесо, параметри зуба якого повинні відповідати вихідному контурові інструментальної рейки. Розміри косозубого зубчастого колеса визначаються у двох перетинах: торцевому, яке співпадає з торцем колеса, і нормальному – перпендикулярному до напрямку зубців. Тому проектування шевера полягає в розрахунку його розмірів цих двох перетинах.

1. Визначення кута нахилу зубців шевера.

При установці на верстаті вісь шевера нахилена до осі оброблюваного колеса на кут схрещування ψ . Зі збільшенням кута схрещування поліпшуються умови обробки, зростає продуктивність, але знижується точність обробки. Установлено, що найбільш сприятливим є кут схрещування, рівний $(10-20)^\circ$. Частіш за все $\psi = 15^\circ$. Приймати ψ менше 5° недоцільно через погіршення умов різання.

У загальному випадку кут схрещування визначається по формулі $\psi = \beta_u \pm \beta$,

де β – кут нахилу зубців оброблюваного колеса;

β_u – кут нахилу зубців шевера.

Знак «+» приймається при однаковому напрямку нахилу зубців на колесі і шевері, знак «-» - при протилежному.

Напрямок зуба колеса відомо. Задається напрямок зуба шевера (для прямозубого колеса завжди правий напрямок) і розраховується

$$\beta_u = \psi - \beta.$$

Якщо кут β_u виявився менше 0° або більше 30° , то варто змінити напрямок зуба шевера на протилежний, а потім вже остаточно визначити значення β_u .

Якщо при розрахунку вийде значення менше 5° , то можна прийняти $\beta_u = 0^\circ$ (такий шевер легше виготовити і переточувати). Потім варто перерахувати кут ψ .

При обробці прямозубих коліс кут схрещування дорівнює кутові нахилу зубців шевера β_u .

2. Визначення теоретичних параметрів зубця шевера в нормальному перетині.

При обкатуванні вихідної поверхні шевера з оброблюваним колесом їхні зубці теоретично повинні як би бути в зачепленні з однієї і тієї ж косозубою інструментальною рейкою, тому в шевера і колеса в нормальному до напрямку їхніх зубців перетині повинна бути забезпечена рівність модуля, профільного кута і шага зубців:

$$m_{nu} = m; \quad \alpha_{nu} = \alpha; \quad t_{n,u} = t_d, \text{ мм.}$$

Параметри зубця шевера розраховують у так званому теоретичному перетині (див. рис. 5.3).

Товщина зуба шевера по ділильній окружності буде дорівнювати

$$S_{н.у} = t_{\delta} - (S_{\delta} + \delta), \text{ мм},$$

де δ - гарантований бічний зазор (див. табл.1, дод. 2).

Висота зуба шевера повинна бути менше висоти зубця інструмента, що виконував попередню обробку, але більше висоти зуба оброблюваного зубчастого колеса, для того, щоб під час шевінгування оброблювались лише бічні поверхні зубців колеса. Поверхні виступів і западин колеса на повинні контактувати з відповідними поверхнями шевера. Тобто

$$h_l < h_u < h_{фр}.$$

Крім того, треба щоб частина перехідної кривої зуба колеса була оброблена шевером. З цих умов прийнято призначати

$$h_{fu} = h_{a1} + 0,25m, \text{ мм},$$

де h_{au} – висота голівки зуба оброблюваного колеса.

Висота голівки зубця шевера

$$h_{au} = h_{f1} - 0,15m, \text{ мм},$$

де h_{fu} – висота ніжки зуба оброблюваного колеса.

Висота зубця шевера $h_u = h_{au} + h_{fu}$, мм.

3. *Визначення параметрів зубця шевера в торцевому перетині.*

Так як шевер являє собою косозубе колесо, то його параметри в торцевому перетині визначають по формулах:

$$t_{m.u} = \frac{t_{н.у}}{\cos \beta_u}; \quad m_{m.u} = \frac{m_{н.у}}{\cos \beta_u}; \quad \text{tg} \alpha_{m.u} = \frac{\text{tg} \alpha_{н.у}}{\cos \beta_u},$$

4. *Визначення числа зубців шевера.*

Число зубів шевера повинне задовольняти залежності

$$Z = \frac{D_{a.u \max} - 2h_{au}}{m_{ну}},$$

де $D_{a.u \max}$ – максимально припустимий зовнішній діаметр шевера. Він приймається в залежності від моделі верстата (див. табл. 6, дод.2).

Для підвищення точності обробки за рахунок відсутності повторного контакту того самого зубця шевера з тим же зубом колеса, число зубців шевера не повинне мати загальних множників з числом зубців оброблюваного колеса. Бажано вибирати число зубів шевера з ряду простих чисел.

Стандартний ряд чисел зубів шевера: 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 61, 67, 73, 83, 91, 103, 115.

Розраховане число зубів округлюють до стандартного.

5. *Профільювання шевера.*

У процесі експлуатації шевер переточується, у результаті чого змінюються міжцентрова відстань пари «шевер – колесо», кут зачеплення α , кут схрещування осей ψ . Тому треба визначати розміри шевера при різному ступені зношеності.

Профільювання шевера полягає в розрахунку параметрів, що визначають форму евольвенти і розміри зубців шевера. Вихідною інструментальною поверхнею для зубців дискових шеверів є теоретична евольвентна гвинтова поверхня, що збігається з бічною поверхнею зубців інструмента тому що задні і передні кути лез шеверів дорівнюють нулеві. Для збільшення числа переточувань зубців шевера вводиться висотна корекція зубців, тобто новий і максимально зношений шевери знаходяться в просторі, що прилягає до вихідної поверхні, але тому що евольвента при цьому не спотворюється, точність обробки шевером при переточуваннях практично не змінюється.

Корекція зубців шевера здійснюється зміною товщини зубця і його висотних параметрів щодо теоретичного значення D_{ou} . В міру переточувань зуб шевера, зменшуючись по товщині, спочатку наближається до теоретичного профілю вихідної поверхні, а потім віддаляється від нього. Припуск, що залишається на перезагострювання шевера, ΔS буде визначати коефіцієнт зміщення вихідного контуру ξ (див. рис. 5.3).

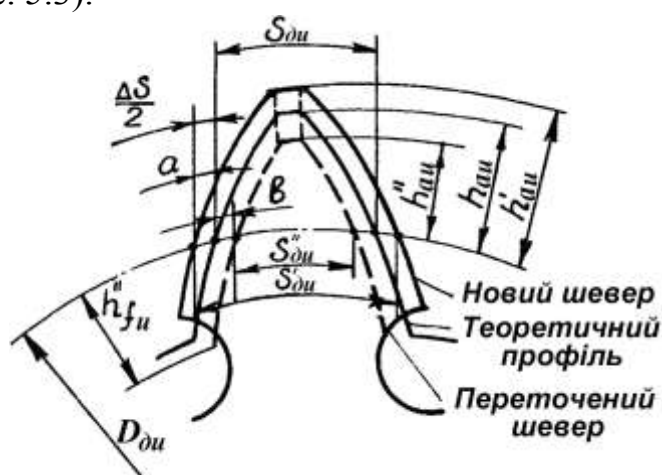


Рисунок 5.3 – Профіль зубця шевера в нормальному перетині

Розміри і розташування припуску на перезагострювання шевера залежить від декількох причин: необхідного терміну служби шевера до повного зносу; загострювання зубців шевера; ширини западин між зубцями на окружності западин.

ΔS призначається в залежності від модуля:

m , мм	ΔS , мм
2,0-2,75	0,25
3,0-6,0	0,4
6,5-8,0	0,45

Для коліс із профільним кутом $\alpha = 20^\circ$ при значенні коефіцієнта зміщення оброблюваного колеса $\xi=0$ прийняте симетричне розташування профілів нового і зношеного шеверів щодо теоретичного профілю, тобто $a=b$.

Тоді для нового шевера товщина зубця по ділильній окружності і висота голівки дорівнюють відповідно

$$S'_{du} = S_{du} + \Delta S; \quad h'_{au} = h_{au} + \frac{\Delta S}{2} \operatorname{ctg} \alpha_{инов},$$

де h_{au} – теоретична висота голівки зуба шевера в нормальному перетині,

$\alpha_{инов} = \alpha_{ин} + \Delta\alpha$ - нормальний кут зачеплення на початковому циліндрі нового шевера, $\Delta\alpha = I^0$, величина корекції на кут.

Товщина зубця по ділильній окружності і висота голівки переточеного шевера дорівнюють відповідно

$$S''_{du} = S_{du} - \Delta S, \text{ мм}; \quad h''_{au} = h_{au} - \frac{\Delta S}{2} \text{ctg} \alpha_{uc}, \text{ мм},$$

де $\alpha_{инов} = \alpha_{ин} - \Delta\alpha$ - нормальний кут зачеплення на початковому циліндрі максимально сточеного шевера.

Висота ніжки нового шевера повинна бути:

$$h'_{fu} = h_{fu} - \frac{\Delta S}{2} \text{ctg} \alpha_{инов}, \text{ мм}.$$

Висота ніжки сточеного шевера повинна бути:

$$h''_{fu} = h_{fu} + \frac{\Delta S}{2} \text{ctg} \alpha_{uc}, \text{ мм}.$$

6. Визначення ділильного і основного діаметрів шевера.

Ділильний діаметр у нормальній перетині

$$D_{du} = m_{ин} Z_u.$$

Ділильний діаметр у торцевому перетині визначається по формулі

$$D_{dm} = \frac{m_{ин} Z}{\cos \beta_u}, \text{ мм}.$$

Розрахований ділильний діаметр повинен бути як можна ближчим до стандартного.

Основний діаметр в торцевому перетині

$$D_{om} = D_d \cos \alpha_{mu}.$$

Визначається значення діаметра основної окружності копіру D_{κ} , за допомогою якого будуть шліфуватися зубці шевера. Найкраще, коли $D_{\kappa} = D_o$; або $D_{\kappa} \sim D_o$ (але $D_{\kappa} > D_o$). Крім того, D_{κ} повинний дорівнювати одному з наступних значень ряду: 75; 76,2; 77; 88,9; 99; 100; 101,6; 103; 107; 125; 127; 142; 150; 162; 164; 171; 178; 180; 198; 202; 225; 250.

Кут установки салазок зубошліфувального верстата

$$\alpha_{ycm} = \arccos \frac{D_{ou}}{D_{\kappa}}.$$

Для рівномірного зносу шліфувального круга необхідно витримати умову

$$(\alpha_{mu} + 1)^0 \geq \alpha_{ycm} \geq \alpha_{mu} - 6^0.$$

Якщо ця умова не виконується, зменшують D_{ou} , але не більше ніж на 30%, і повторюють розрахунок. Якщо і після цього умова по куті α_{ycm} не виконується, то пот-

рібно виготовити спеціальний копир до зубошліфувального верстата, діаметр якого $D_k = D_{ou}$ (з першого розрахунку).

7. *Визначення діаметра окружностей западин шевера у нормальному перетині.*

$$D_{fu} = D_{du} - 2h_{fu}.$$

Для гарантії виконання евольвентного профілю по усій висоті зубця шевера необхідно, щоб $D_{fu} \geq D_{ou} + 2$.

Якщо ця умова виконується, то шевер виконують некорегованим і приймають $X = 0$.

Якщо ж ця умова не виконується, то виконують висотну корекцію і визначають зменшення висоти ніжки зуба шевера (збільшення голівки зуба шевера)

$$X = \frac{D_{ou} - D_{fu}}{2} + 1.$$

Потім перераховують:

$$S_{n,u} = t_d - (S_d + \Delta S) + 2X \operatorname{tg} \alpha;$$

$$D_{fu} = D_{du} - 2h_{fu} + 2X;$$

$$h_{au} = h_{f1} - 0,15m + \frac{\Delta}{2 \operatorname{tg} \alpha} + X.$$

5.5 Визначення конструктивних параметрів

1. *Розрахунок розмірів шевера у торцевому перетині.*

Діаметр окружності виступів нового шевера буде

$$D'_{au} = D_{ou} + 2h'_{au}, \text{ мм.}$$

Діаметр окружності виступів сточеного шевера буде

$$D''_{au} = D_{ou} + 2h''_{au}, \text{ мм.}$$

Діаметр окружності западин сточеного шевера буде:

$$D''_{fu} = D_{ou} - 2h''_{fu}, \text{ мм.}$$

Для уникнення появи перехідних кривих на зубі оброблюваного колеса необхідно щоб робоча частина евольвенти закінчувалась не доходячи до основної окружності на 1...2 мм. Тобто необхідно перевірити виконання умови

$$D''_{fu} \geq D_{e0} + 2, \text{ де } D_{e0} = D_{ou} \cos \alpha_{mu}.$$

Якщо ця умова не виконується, необхідно зменшити припуск на переточування шевера ΔS і повторити розрахунок.

2. *Вибір діаметра посадкового отвору d по діаметрі посадкової частини шпинделя верстата.*

Діаметр посадкового отвору шевера приймається рівним діаметру стандартної оправки, виходячи з умов міцності. Для шеверів з ділильним діаметром $D_{d.u} = 85$ мм діаметр посадкового отвору приймається рівним $d = 31,35$ мм, для шеверів з ділильним діаметром $D_{d.u} = 180$ мм і 250 мм діаметр посадкового отвору дорівнює

$d=63,5\text{мм}$.

3. Вибір ширини шевера в залежності від методу шевінгування.

Існують три методи шевінгування:

- рівнобіжний, при якому вісь колеса рівнобіжна подовжній подачі;
- діагональний, при якому вісь колеса складає з напрямком подовжньої подачі кут γ , що забезпечує більш рівномірний знос усіх зубів шевера, збільшує стійкість шевера і підвищує продуктивність у 1,5-2 рази, зменшує довжину проходу;
- тангенціальний, при якому напрямок подачі перпендикулярний до осі оброблюваного колеса, при цьому не потрібно шевінгувальних верстатів, забезпечується можливість обробки бочкоподібних форм зубців і обробка завершується за один прохід.

Частіш за все використовується перший метод. При цьому стандартна ширина шевера $B_u = 15\text{ мм}$ при $D_{\text{ду}} = 85\text{ мм}$, $B_u = 20\text{ мм}$ при $D_{\text{ду}} = 180\text{ мм}$ і $B_u = 25\text{ мм}$ при $D_{\text{ду}} = 250\text{ мм}$. Ширина маточини робиться на 1 мм більшою.

4. Визначення форми і розмірів стружкових канавок.

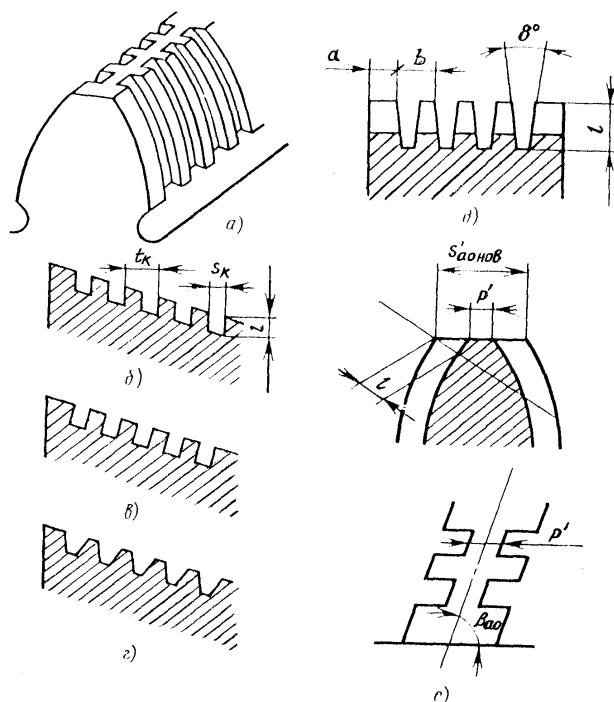


Рисунок 5.2 – Форми стружкових канавок шевера

На практиці застосовують три різні форми стружкових канавок шевера : бічні сторони канавок рівнобіжні торцеві шевера (див. рис. 5.2, б), зі сторонами, перпендикулярними зубові (див. рис. 5.2, в), трапецевидної форми, одна сторона рівнобіжна торцеві шевера (див. рис. 5.2, г). Для схеми «б» одна сторона зуба має позитивний передній кут, друга – негативний; для схеми «в» передні кути мають нульове значення. Практичних переваг зазначених трьох форм канавок не виявлено, тому можливо обрати будь яку форму канавки.

Розміри канавок: $P_k = 1,8 - 2,4\text{мм}$, $h_k = 0,6 - 1,0\text{мм}$, $S_k = 0,5P_k$.

Глибина канавки впливає на величину загострення зуба шевера на вершині P' , що не повинна бути менше 0,1 мм. Перевірка величини P' повинна бути

виконана за умовою

$$P' \geq S_{au} - 2 \frac{h_{\kappa}}{\cos \alpha_{au} \cdot \cos \beta_u},$$

де α_{au} – кут тиску евольвенти в точці профілю, що лежить на діаметрі виступів,

$$\cos \alpha_{au} = \frac{D_{ou}}{D_{au}},$$

S_{au} – товщина зуба нового шевера по діаметрі виступів.

Для забезпечення достатньої міцності шевера товщина зуба по окружності виступів повинна задовольняти умові

$$S_{au} \geq \frac{2h_{\kappa}}{\cos \alpha_{au}}.$$

При $P' < 0,1$ мм необхідно зменшити глибину канавки h_{κ} , або зменшити припуск на переточування на величину $0,1 \Delta S$ і перерахувати параметри нового шевера. Це необхідно повторювати поки не буде виконана умова $P' > 0,1$ мм.

5. Визначення розмірів стружкових отворів.

Стружкові канавки на бічних поверхнях шевера виконують довбанням спеціальною гребінкою. Для вільного виходу довбальних гребінок виконуються циліндричні отвори діаметром d_c на окружності d_u (рис. 5.1).

Діаметр отвору

$$d_c = \ell_f + (2 \dots 2,5), \text{ мм},$$

де ℓ_f – ширина западин між зубами по окружності западин шевера D_{fu} ,

$$\ell_f = \left(\frac{\pi D_{fu}}{z_u} - S_{mf} \right), \text{ мм},$$

S_{mf} – товщина зуба шевера по окружності D_{fu} в торцевому перетині

$$S_{mf} = D_{fu} \left(\frac{S_{\partial m}}{D_{du} \cos \beta_u} + \text{inv} \alpha_{mu} - \text{inv} \alpha_{fu} \right), \text{ мм};$$

$\cos \alpha_{fu} = \frac{D_{ou}}{D_{fu}}$ – кут тиску на окружності западин.

Діаметр окружності центрів отворів

$$d_u = D_{fu} - \sqrt{d_c^2 - \ell_f^2}, \text{ мм}.$$

Допуски на виготовлення шеверів вибирають по ГОСТ 10222-81, або по довіднику [6].

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романов В.Ф. Расчеты зуборезных инструментов. – М.: Машиностроение, 1969. – 255 с.
2. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
3. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Л. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машгиз, 1963. – 952 с.
4. Справочник металлиста: В 5 т./ Под ред. А.Н. Малова. М.: Машиностроение, 1977. Т.3. – 748 с.
5. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2 т. - М.: Машиностроение, 1974.
6. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
7. Мягков В.Д. Допуски и посадки: В 2 т. - М.: Машиностроение, 1982.
8. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов/ Г.Н. Кирсанов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 285 с.

Додаток 1
Завдання на курсовий проект

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
01	Сталь 40X	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастого колеса $m=5\text{мм}$, $z=22$, Ст.7-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=16\text{мм}$, $d_2=32\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-8x52H7x58H12x10D9 $l=70\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання свердла	Чавун HB200	00
02	Сталь 45	1 Шейвер для обробки зубчастого колеса $m=5\text{мм}$, $z=28$, Ст. 6-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=25\text{H}7\text{мм}$, $d_2=40\text{H}8\text{мм}$, $l_1=12\text{мм}$, $l_2=18\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-8x62H12x68H7x12D9 $l=80\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по задній поверхні	Сталь 40XH	99
03	Чавун HB190	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=5\text{мм}$, $z_1=30$, $z_2=60$ Ст.7-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=20\text{H}7$, $d_2=30\text{H}7$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=60\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки b-8x56x62H12x10D8 $l=100\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по передній поверхні	Сталь Ст.3	98
04	Сталь 20	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала D-10x82x92h7x12h9 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=25\text{H}7$, $d_2=30\text{H}8$, $l_1=32\text{мм}$, $l_2=45\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-10x72x78H7x12H9, $l=120\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання фрези по передній поверхні	Сталь 40XH	97
05	Сталь 45	1 Довбач для обробки зубчастого колеса $m=6,5\text{мм}$, $z_1=25$, $z_2=75$, Ст.7-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=16\text{мм}$, $d_2=24\text{мм}$, $l_1=35\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-10x82H7x88x12H10, $l=110\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по передній поверхні	Чавун HB180	96
06	Сталь Ст5	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала D-8x42x48h7x8h9 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=18\text{мм}$, $d_2=26\text{мм}$, $l_1=50\text{мм}$, $l_2=55\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки b-10x112x120H11x18D9; $l=110\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на затилування фрези	Сталь 40XH	95
07	Чавун HB220	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастого колеса $m=5\text{мм}$, $z=40$, Ст.8-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=25\text{мм}$, $d_2=32\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=50\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-10x92x102H8x14D9; $l=100\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по задній поверхні	Сталь Ст.5	94

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
08	Сталь 20X	1 Шейвер для обробки зубчастого колеса $m=5\text{мм}$, $z=40$, Ст. 6-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=22\text{H}7\text{мм}$, $d_2=27\text{H}7\text{мм}$, $l_1=52\text{мм}$, $l_2=30\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-10\text{x}82\text{H}7\text{x}92\text{H}12\text{x}12\text{D}10$; $l=100\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання шейвера	Сталь Ст.6	93
09	Сталь Ст.3	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала $D-10\text{x}92\text{x}102\text{h}7\text{x}14\text{h}9$ 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=20\text{мм}$, $d_2=22\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=60\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-10\text{x}102\text{x}108\text{H}12\text{x}16\text{D}9$; $l=110\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по передній поверхні	Сталь 40XH	92
10	Сталь 45	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастого колеса $m=4\text{мм}$, $z=35$, Ст.8-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=20\text{H}7$, $d_2=22\text{H}8$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=60\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-10\text{x}112\text{H}8\text{x}120\text{x}18\text{D}9$; $l=110\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по передній поверхні	Чавун HB180	91
11	Сталь 40XH	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=3\text{мм}$, $z_1=28$, $z_2=40$ Ст. 7-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=14\text{мм}$, $d_2=26\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=30\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-8\text{x}46\text{H}12\text{x}54\text{H}7\text{x}9\text{D}9$; $l=80\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по задній поверхні	Чавун HB220	90
12	Сталь 40XH	1 Шейвер для обробки зубчастого колеса $m=4\text{мм}$, $z=30$, Ст. 8-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=15\text{мм}$, $d_2=25\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=48\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-8\text{x}52\text{x}60\text{H}12\text{x}10\text{D}7$; $l=85\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання шейвера	Сталь Ст.5	89
13	Сталь 45	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастого колеса $m=3,5\text{мм}$, $z=35$, Ст. 8-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=14\text{H}8\text{мм}$, $d_2=28\text{H}8\text{мм}$, $l_1=35\text{мм}$, $l_2=45\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-8\text{x}56\text{x}65\text{H}7\text{x}10\text{H}9$; $l=90\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по передній поверхні	Чавун HB180	88
14	Сталь 45	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала $D-8\text{x}62\text{x}72\text{h}8\text{x}12\text{h}9$ 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=18\text{мм}$, $d_2=26\text{мм}$, $l_1=25\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-8\text{x}62\text{H}7\text{x}72\text{H}11\text{x}12\text{F}9$; $l=90\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання фрези по передній поверхні	Сталь Ст.3	87

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
15	Сталь 40XH	1 Довбач для обробки зубчастого колеса $m=3,75\text{мм}$, $z_1=25$, $z_2=40$ Ст.7-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=20\text{H}7\text{мм}$, $d_2=28\text{H}7\text{мм}$, $l_1=28\text{мм}$, $l_2=35\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-10\times 72\times 82\text{H}11\times 12\text{F}8$; $l=100\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по задній поверхні	Сталь Ст.5	86
16	Сталь 20	1 Шервер для обробки зубчастого колеса $m=4,5\text{мм}$, $z=30$, Ст. 6-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=20\text{мм}$, $d_2=27\text{мм}$, $l_1=25\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-10\times 82\times 92\text{H}7\times 12\text{F}8$; $l=120\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання свердла	Чавун HB220	85
17	Сталь 35	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=6,5\text{мм}$, $z=20$, Ст.7-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=20\text{H}7$, $d_2=32\text{H}7$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=45\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-10\times 72\text{H}8\times 78\text{H}12\times 12\text{D}9$; $l=90\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на затилування фрези	Сталь 40XH	84
18	Сталь 40	1 Довбач для обробки зубчастого колеса $m=4\text{мм}$, $z_1=45$, $z_2=60$, Ст.7-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=22\text{H}7$, $d_2=30\text{H}8$, $l_1=80\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-8\times 36\times 40\text{H}11\times 7\text{F}8$; $l=80\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по передній поверхні	Чавун HB220	83
19	Сталь 40X	1 Шервер для обробки зубчастого колеса $m=5,5\text{мм}$, $z=45$, Ст. 6-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=24\text{H}7$, $d_2=27\text{H}8$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=60\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-10\times 82\times 88\text{H}8\times 12\text{D}9$; $l=105\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по задній поверхні	Чавун HB220	82
20	Сталь 20XH3 А	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала $D-6\times 21\times 25\text{a}11\times 5\text{h}8$ 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=20\text{мм}$, $d_2=24\text{мм}$, $l_1=38\text{мм}$, $l_2=50\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-10\times 112\text{H}7\times 125\text{H}12\times 18\text{D}9$; $l=130\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання фрези по передній поверхні	Сталь 40X	81
21	Сталь 18ХГ	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=2,5\text{мм}$, $z=26$ Ст. 8-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=20\text{мм}$, $d_2=26\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=70\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-10\times 112\text{H}11\times 120\times 18\text{F}9$; $l=110\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання свердла	Сталь 20	80

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
22	Сталь Ст.6	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала D-10x82x92h11x12h8 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=20H8$, $d_2=26H8$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=70\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки b-10x102x112H12x16D9; $l=150\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по задній поверхні	Чавун HB180	79
23	Сталь Ст.3	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=6\text{мм}$, $z_1=20$, $z_2=40$ Ст.7-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=18\text{мм}$, $d_2=26\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=52\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-10x82H7x92H12x10D10; $l=90\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по передній поверхні	Сталь 40X	78
24	Сталь 40	1 Шейвер для обробки зубчастих коліс $m=6\text{мм}$, $z=20$, Ст.6-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=16H7\text{мм}$, $d_2=24H8\text{мм}$, $l_1=36\text{мм}$, $l_2=42\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-8x62H7x72H12x10D9; $l=80\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання шейвера	Чавун HB180	77
25	Сталь 45	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала D-8x62f7x72a11x12f9 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=14\text{мм}$, $d_2=22\text{мм}$, $l_1=20\text{мм}$, $l_2=50\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-10x72x82H8x12D9; $l=95\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на затилування фрези	Чавун HB200	76
26	Сталь Ст.3	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=3\text{мм}$, $z_1=20$, $z_2=40$ Ст.7-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=24H7$, $d_2=27H8$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=42\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки b-8x46x56H11x9D9; $l=60\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по передній поверхні	Сталь 40XH	75
27	Сталь Ст.5	1 Шейвер для обробки зубчастих коліс $m=2\text{мм}$, $z=30$, Ст.6-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=25H7$, $d_2=28H8$, $l_1=45\text{мм}$, $l_2=48\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки b-16x52x60H12x5F8; $l=70\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по задній поверхні	Чавун HB180	74
28	Сталь 40	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=4\text{мм}$, $z=24$, Ст.8-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=25\text{мм}$, $d_2=28\text{мм}$, $l_1=45\text{мм}$, $l_2=48\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-16x56H7x65H12x5F9; $l=75\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по передній поверхні	Чавун HB200	73

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
29	Сталь 15X	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=6,5\text{мм}$, $z=20$, Ст.7-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=24\text{мм}$, $d_2=30\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-16x62x72H8x6F10; $l=85\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання фрези по передній поверхні	Чавун HB200	72
30	Сталь 15XA	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=5,5\text{мм}$, $z_1=28$, $z_2=80$, Ст. 7-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=20\text{мм}$, $d_2=30\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=60\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-20x82x92H8x6F10; $l=100\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по задній поверхні	Чавун HB180	71
31	Сталь 30X	1 Шейвер для обробки зубчастих коліс $m=5,5\text{мм}$, $z_1=40$, $z_2=60$, Ст. 6-A 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=16\text{H}7\text{мм}$, $d_2=22\text{H}7\text{мм}$, $l_1=26\text{мм}$, $l_2=32\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-20x102H7x115x8F10; $l=140\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по передній поверхні	Чавун HB220	70
32	Чавун HB220	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала d-10x102e8x112x16f8 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=17\text{мм}$, $d_2=25\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=28\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-20x102x115H8x8F10; $l=125\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання свердла	Сталь 40X	69
33	Сталь 45	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=4,5\text{мм}$, $z_1=20$, $z_2=40$ Ст.8-A 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=16\text{мм}$, $d_2=25\text{мм}$, $l_1=35\text{мм}$, $l_2=26\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-20x112H7x125H12x9D9; $l=130\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по задній поверхні	Сталь 20XH	68
34	Чавун HB180	1 Шейвер для обробки зубчастих коліс $m=3,5\text{мм}$, $z_1=18$, $z_2=48$ Ст.6-A 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=18\text{H}8\text{мм}$, $d_2=22\text{H}8\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=42\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-6x28x34H8x7F10; $l=120\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання шейвера	Сталь 45	67
35	Чавун HB180	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала d-8e8x42a11x7f8 x36 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=22\text{мм}$, $d_2=27\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=45\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-10x102H7x112x16D9; $l=135\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на затилування фрези	Сталь 40X	66

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
36	Чавун HB200	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=6\text{мм}$, $z_1=20$, $z_2=40$, Ст. 8-А 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=20\text{H}7$, $d_2=32\text{H}8$, $l_1=52\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-8\text{x}62\text{H}7\text{x}72\text{H}12\text{x}12\text{D}9$; $l=95\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по передній поверхні	Сталь Ст.5	65
37	Чавун HB220	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала $D-10\text{x}72\text{x}82\text{h}7\text{x}12\text{d}9$ 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=14\text{мм}$, $d_2=18\text{мм}$, $l_1=l_2=40\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-10\text{x}72\text{x}82\text{H}8\text{x}12\text{D}9$; $l=120\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по задній поверхні	Сталь 45	64
38	Сталь 40ХН	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=2,25\text{мм}$, $z=20$, Ст.7-А 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=16\text{мм}$, $d_2=20\text{мм}$, $l_1=30\text{мм}$, $l_2=35\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-8\text{x}62\text{x}72\text{H}11\text{x}12\text{D}9$; $l=105\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по задній поверхні	Сталь Ст.3	63
39	Чавун HB200	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=3,5\text{мм}$, $z_1=18$, $z_2=46$, Ст. 7-А 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=10\text{H}7\text{мм}$, $d_2=16\text{H}7\text{мм}$, $l_1=l_2=28\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-8\text{x}62\text{x}72\text{H}7\text{x}12\text{D}9$; $l=95\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по передній поверхні	Сталь 20Х	62
40	Сталь Ст.3	1 Шейвер для обробки зубчастих коліс $m=3\text{мм}$, $z=36$, Ст. 6-А 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=10\text{мм}$, $d_2=18\text{мм}$, $l_1=25\text{мм}$, $l_2=42\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-8\text{x}46\text{H}7\text{x}56\text{x}9\text{D}9$; $l=80\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання шейвера	Чавун HB220	61
41	Сталь 40Х	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=2,75\text{мм}$, $z_1=40$, $z_2=60$ Ст.8-А 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=30\text{H}7$, $d_2=32\text{H}8$, $l_1=l_2=45\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $D-20\text{x}82\text{x}92\text{H}8\text{x}6\text{F}10$; $l=90\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по передній поверхні	Чавун HB200	60
42	Сталь Ст.3	1 Шейвер для обробки зубчастих коліс $m=3,5\text{мм}$, $z=30$, Ст.6-А 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=32\text{H}7$, $d_2=36\text{H}8$, $l_1=l_2=50\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $b-20\text{x}102\text{x}115\text{H}11\text{x}8\text{F}10$; $l=120\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по передній поверхні	Чавун HB210	59

№ вар.	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
43	Сталь 20ХН	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=4\text{мм}$, $z=60$, Ст.8-А 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=22\text{H}7$, $d_2=28\text{H}8$, $l_1=l_2=38\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-10x82x92H7x12H10; $l=110\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на затилування фрези	Чавун HB220	58
44	Сталь 40ХН	1 Фреза черв'ячна для обробки шліцьового вала в-6x28x34a11x7f8 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=20\text{мм}$, $d_2=25\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=20\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-10x112H7x125x18F9; $l=125\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання фрези по передній поверхні	Чавун HB180	57
45	Сталь 35ХН	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=2,5\text{мм}$, $z_1=32$, $z_2=40$, Ст. 8-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=18\text{H}7\text{мм}$, $d_2=26\text{H}8\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=10\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-8x46x54H8x9F9; $l=85\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по передній поверхні	Чавун HB200	56
46	Сталь 45	1 Швер для обробки зубчастих коліс $m=7,5\text{мм}$, $z=42$, Ст. 6-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=16\text{мм}$, $d_2=30\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=15\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки d-8x52H7x60H12x10F9; $l=82\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання свердла	Чавун HB220	55
47	Сталь 30Х	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=7,5\text{мм}$, $z=42$, Ст.8-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=18\text{H}7\text{мм}$, $d_2=30\text{H}7\text{мм}$, $l_1=40\text{мм}$, $l_2=18\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-10x102x108H8x16D9; $l=130\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання розвертки по задній поверхні	Сталь 40ХС	54
48	Чавун HB180	1 Фреза черв'ячна для обробки зубчастих коліс $m=3,5\text{мм}$, $z=32$, Ст.8-D 2 Свердло комбіноване для обробки отворів $d_1=22\text{мм}$, $d_2=30\text{мм}$, $l_1=46\text{мм}$, $l_2=15\text{мм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-10x112x120H8x18H9; $l=135\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання свердла	Сталь 40ХН	53
49	Чавун HB200	1 Довбач для обробки зубчастих коліс $m=6,5\text{мм}$, $z_1=16$, $z_2=60$ Ст.8-D 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=28\text{H}7$, $d_2=40\text{H}8$, $l_1=60\text{мм}$, $l_2=40\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки D-8x52x58H87x10H10; $l=85\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання довбача по задній поверхні	Сталь 20Х	52

№ вар .	Матеріал деталі	Данні про деталь, яку необхідно обробити, та інструмент	Матеріал деталі	№ ва р.
50	Чавун HB220	1 Швер для обробки зубчастих коліс $m=5,5\text{мм}$, $z=25$, Ст.6-А 2 Розвертка комбінована для обробки отворів $d_1=35\text{H}7$, $d_2=42\text{H}8$, $l_1=60\text{мм}$, $l_2=28\text{мм}$, $R_a=1,25\text{мкм}$ 3 Протяжка для обробки шліцьової втулки $d-8\text{x}62\text{H}8\text{x}68\text{x}12\text{H}10$; $l=100\text{мм}$, $R_a=2,5\text{мкм}$ 4. Розробити карту наладки на загострювання протяжки по задній поверхні	Сталь 45	51

Додаток 2
Довідкові таблиці

Таблиця 1 – Мінімальний бічний зазор в зубчастій передачі δ , мм

Вид сполучення	Міжцентрова відстань, мм								
	до 12	св.12 до 20	св. 20 до 32	св.32 до 50	св.50 до 80	св.80 до 125	св. 125 до 180	св. 180 до 250	св.250 до 320
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Е	15	18	21	25	30	35	40	46	52
Д	22	27	33	39	46	54	63	70	81
С					74	87	100	115	130
В					120	140	160	185	210
А					130	220	250	290	320

Таблиця 2 - Основні розміри черв'ячних фрез для нарізування зубчастих коліс (ГОСТ 9324-80), в мм

Модуль, m	Зовнішній діаметр, D_{au}	Число зубців, Z_u	Діаметр посадкового отвору, d	Діаметр буртиків, d_b	Довжина, L виконання		Довжина буртиків, l_b		
					1	2			
1,25 1,375	63	12	22	33	32	63	4		
					40	70			
1,5-1,75 2	71		27	40	50	80			
					90				
2,25 2,5-2,75	80	10	32	50	56	90			
					63	100			
3-3,25 3,5	90				71	112		125	
								80	125
3,75-4 4,25 4,5	100		80	140					
			90	140					
5	112	100	140						
5,5-6	118	40	60	112	160				
6,5-7,0	125	9	40	60	118	160			

Таблиця 3 - Основні розміри черв'ячних фрез для обробки шліцьового вала (ГОСТ 8027-87), в мм

Розміри вала	Розміри фрези					
	D_{au}	d	L_u	Z_u	K	
6*16*20 6*18*22	63	22	50	10	4	
6*21*25 6*23*28						
6*26*32 6*28*34 8*32*38	80	27	63			5

Розміри вала	Розміри фрези			
	D_{au}	d	L_u	Z_u
8*36*42 8*42*48	90	32	70	12
8*46*54 8*52*60 8*56*65	100	32	80	
8*62*72 10*72*82 10*82*92	112	40	90	
10*92*102 10*102*112 10*112*125	120	40	100 112	

Таблиця 4 - Основні розміри дискового довбача за ГОСТ 9323-79, мм

Модуль m ,	Номинальний ділильний діаметр, D_{du}	Діаметр отвору під оправку, d	Висота нового довбача, B_u	Висота зношеного довбача, B_{uzn}	Діаметр маточини, d_l	Висота маточини h
2 – 5,0	75,00	31,75	15	4	50	8
2 – 6,5	100,00	44,45	20	6,5	70	10
2 – 6,5	125,00	44,45	28	8,0	80	10
6,0 – 10,0	160,00	88,90	30	10	120	16
8 -12	200,00	101,60	40	14	140	26

Таблиця 5 - Основні розміри дискових шеверів у торцевому перетині (ГОСТ 8570-80Е), мм

Мо- дуль ко- ле- са	Розміри шевера			Мо- дуль ко- ле- са	Розміри шевера			Мо- дуль ко- ле- са	Розміри шевера		
	D_{du}	Z_u	β_u		D_{du}	Z_u	β_u		D_{du}	Z_u	β_u
1,0 1,125	85	86 76	10	2,50	180 250	67 91	5; 15	4,25	180 250	41 53	5; 15
1,25	85 180	67 115	10 5;15	2,75	180 250	61 83		4,5	180 250	37 51	
1,375	85 180	62 115	10 5;15	3,0	180 250	53 73		5,0	180 250	31 43	
1,5	85 180	58 115	10	3,25	180 250	53 71		5,5	180 250	59 41	
1,75	180	100	5;15	3,50	180 250	47 67		6,0	180 250	29 37	
2,0	180 250	180 250	83 115	3,75	180 250	43 61		6,5 7,0	250 250	37 31	
2,25	180 250	180 250	73 103	4,0	180 250	41 53					

Таблиця 6 - Основні параметри зубошевінгувальних верстатів

Модель верстата	Діаметр оброблюваних коліс d_k	Діаметр посадкової шийки шпинделя d	Шевер	
			D_{au}	b_{max}
5712	10-125	31,75	120	32
5718	40-232	63,5	188	40

5714	35-320	63,5	240	40
5715	35-320	65	210	40
5702	35-320	63,5	300	40
5A714	35-320	63,5	240	40
5706	90-500	76,2	350	70
5B702B	35-320	63,5	250	40
5702B	35-320	63,5	240	40
5A703		63,5	300	40
5701		63,5	120	40

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Ріжучий інструмент” Розрахунок інструментів для обробки зубчастих коліс та шліцьових валів.

Укладачі Малишко І.О., д.т.н., професор,
 Кисельова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент