

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А.Пасічник

(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки -

6.050503 Машинобудування

(код і назва)

на тему: Черв'ячна фреза для обробки шліцевого валу _____

Виконав: студентка курсу, групи МІ-п61

(шифр групи)

Мельниченко Анастасія Володимирівна _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доц. Бесарабець Юрій Йосипович _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Механіко-машинобудівний

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки Толузево машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.А.Пасічник

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Мельниченко Анастасія Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Фреза черв'ячна для оброблення шліцевого валу

керівник проекту Бесарабчук Юрій Іосифович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. №__

2. Термін подання студентом проекту 30.05.2019

3. Вихідні дані до проекту Оброблюваний матеріал Сталь 40Х, параметри шліца D=8x38x36x4x6x8

4. Зміст пояснювальної записки Аналіз методів отримання шліців на валу; Розрахунок та конструювання черв'ячної фрези; Технологія виготовлення черв'ячної фрези; Конструювання технологічної пристосування; Інструментальний процес фрезерування

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Аналіз методів отримання шліців на валу. 2. Графічне конструювання фрези і креслення фрези. 3. Графічне конструювання технологічного пристосування. 4. Технологічне пристосування

3. Бюджет проекту

6. Консультанти розділів проекту*

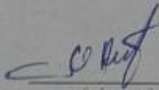
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06.03.2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд конструкції існуючого	20.03.2019	
2	Брофільювання конструкції Фред	03.04.2019	
3	Розробка технічної відповідності	14.04.2019	
4	Конструктивні технічні пристосування	01.05.2019	
5	Бюджет проекту	15.05.2019	

Студент


(підпис)

Мельникенко А.В.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту


(підпис)

Бесарабчук Ю.О.
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.А.Пасічник
Від " " 2018 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	фреда терв'ячка для оброблення шліцевого валу.
Зміст проекту	Аналіз методів шліцювання валу, розрахунок та конструювання терв'ячки фрези, технологія виробництва фрези, конструювання технологічного пристроювання
Технічні умови до проекту	1. Матеріал деталі сталь 40Х 2. Розміри шліця $D-8 \times 36 \text{ f} \times 32 \times 628$ 3. Терв'ячка фрези - чітка 4. Кількість різальних елементів - багаторазова на 5. Кріплення різального елемента на оправці. 6. Підведення охолоджувальної рідини - зовнішнє.
Особливі вимоги	Підвищена стійкість фрези

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Аналіз металлооброби шліцевих валів
ОП	1. Робоче креслення фрези кривлячої 2. Профільювання кривлячої фрези 3. 3D модель кривлячої фрези
ТС	Графічне зображення технологічних операцій: - торкотно-револьверне операція - фрезерування стружкою канавок - шліфування посадочного отвору - шліфування профілю зубів та бортиків
СК	Застосування технологічних
СП	Зокреплення працездатності
НУ	
Студент <u>Мальчишечко А.В.</u> дата "___" ____ 20__ р. <u>М.П.</u> Викладач <u>Бессеребко Ю.С.</u> дата "___" ____ 20__ р.	

Прийняті позначення:

СП – стан питання.
 ОП – об'єкт проектування.
 ТС – технологічна складова.

КС – конструкторська складова.
 СП – спеціальна складова.
 НУ – наукова складова.

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження та проектування при виконанні дипломного проекту послужила черв'ячна фреза для обробки шліцьового валу з параметрами профілю $D - 8 \times 32 \times 36 f7 \times 6e8$. Головним завданням було створення різального профілю інструменту, який би забезпечив необхідні параметри, розробка технологічного процесу та розрахунки всіх потрібних значень для оптимального створення черв'ячної фрези. До дипломного проекту входить аналіз методів отримання шліців на валу, розрахунок та конструювання черв'ячної фрези, технологія виготовлення черв'ячної фрези, конструювання технологічного пристосування та поновлення працездатності фрези.

Ключові слова – фреза, черв'ячна фреза, шліцьовий вал, інструмент для обробки шліцьового валу, поновлення працездатності черв'ячної фрези, профілювання черв'ячної фрези.

Мова – uk

Автор: ст. гр. МІ-п51 Мельниченко А.В., під керівництвом доц., к.т.н. Бесарабець Ю.Й.

ANNOTATION

The object of research and design during the completion of the diploma project served as a worm cutter for the processing of slotted shaft with profile parameters $D = 8 \times 32 \times 36 f 7 \times 6 e 8$. The main task was to create a cutting tool profile that would provide the necessary parameters, develop a technological process and calculate all necessary values for the optimal creation of worm cutters. The diploma project includes analysis of the methods of obtaining slots on the shaft, calculation and design of worm cutters, technology of making worm cutters, designing of technological adaptation and restoration of the efficiency of cutters.

Keywords - cutter, worm cutter, slotted shaft, tool for processing of slotted shaft, restoration of worm cutter, profiling of worm cutters.

Language – en

Author: st. gr. MI-p51 Melnichenko A.V., doc., c.t.s. Bessarabec J.J.

ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ	7
1.1 Аналіз типів шліців	7
1.2 Методи виготовлення шліців	8
1.2.1 Фрезерування шліців	9
1.2.2 Нарізання шліців різцями	12
1.2.3 Нарізання шліців протягуванням	13
1.2.4 Холодне накатування шліців	14
1.3 Вибір методу обробки шліцевого валу	16
2 ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ	18
2.1 Радіус початкового кола	18
2.2 Профілювання	19
2.2.1 Графічні методи профілювання	19
2.2.1.1 Метод послідовних положень	20
2.2.1.1.1 Пряма задача графічного профілювання	20
2.2.1.1.2 Зворотна задача графічного профілювання	23
2.2.1.2 Метод загальних нормалей	25
2.2.2 Графоаналітичне профілювання	28
2.2.2.1 Кочення кола по прямій	28
2.2.2.2 Кочення прямої по колу	32
2.2.3 Аналітичне профілювання	35
2.3 Конструктивні параметри фрези	41
3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦІЛЬНОЇ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВОГО ВАЛУ	45
3.1 Матеріал заготовки	45
3.2 Операції виготовлення	46

3.2.1 Заготівельні операції	46
3.2.2 Протягування отвору	47
3.2.3 Токарні операції	47
3.2.4 Протягування шпонкової канавки	47
3.2.5 Фрезерування витків	48
3.2.6 Фрезерування канавок	48
3.2.7 Затилювання зубів	48
3.2.8 Видалення неповних витків	49
3.2.9 Термічна обробка	49
3.2.10 Обробка отвору і торців	49
3.2.11 Заточування зубів	49
3.3 Маршрутно-операційний процес виготовлення фрези	50
3.4 Розрахунок режимів різання	57
3.4.1 Режими різання переходу I	58
3.4.2 Режими різання переходу II	63
3.4.3 Режими різання переходу III	66
3.4.4 Режими різання переходу IV	69
4 РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ШЛІФУВАННЯ ОТВОРУ	73
4.1 Цанговий патрон для шліфування отворів	73
4.2 Визначення похибки базування	74
4.3 Визначення зусилля затиску	75
5 ПОНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ	78

ВСТУП

Дипломний проект відноситься до галузі виробництва – машинобудування, зокрема інструментального виробництва. Від точності інструменту для обробки шліцьових валів залежить точність з'єднання валів та втулок через такі з'єднання, сили та моменти, які виникають від передачі такого руху.

Інструмент повинен відповідати всім вимогам креслення та забезпечувати високу продуктивність, якість та точність виготовлення.

Метою даного дипломного проекту є розробка черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу з параметрами $D - 8 \times 32 \times 36f7 \times 6e8$, матеріал якого Сталь 40Х ГОСТ 1050-88.

Для досягнення поставленої мети проекту повинні бути вирішені наступні задачі:

1. Аналіз методів обробки шліцьових валів;
2. Профілювання та розробка черв'ячної фрези;
3. Розробка маршрутно-операційного процесу виготовлення інструменту;
4. Розробка пристосування для шліфування отворів у черв'ячних фрезах;
5. Розрахунок параметрів при поновленні працездатності черв'ячної фрези.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ

1.1 Аналіз типів шліців

Шліц — поздовжній виступ або паз для з'єднання валу з деталями машини [1].

Шліцьове (зубчасте) з'єднання — з'єднання валу (охоплюваної поверхні) та отвору маточини деталі (охоплюючої поверхні) за допомогою паралельних до осі валу (отвору) шліців (зубів) і впадин (пазів) рівномірно розміщених на їх циліндричних поверхнях [2].

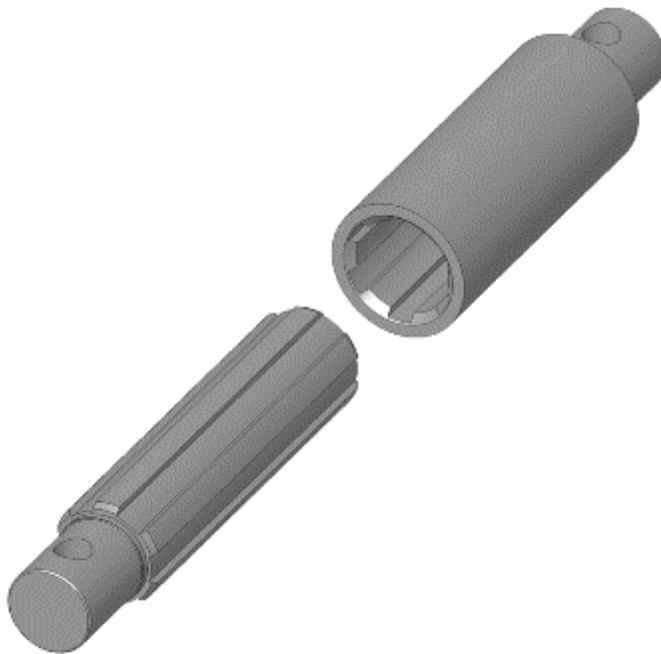


Рисунок 1.1 - Шліцьовий вал і втулка з прямокутним профілем [2]

Основні переваги застосування шліцьового з'єднання:

- характеризується більшою навантажувальною здатністю у порівнянні зі шпонковим з'єднанням при тих же параметрах спряження;
- забезпечує співвісність валу і отвору, з яким вал спрягається;
- дає можливість осьового зміщення та краще напрямлення деталей при переміщенні їх уздовж валу [2].

До недоліків таких з'єднань можна віднести:

- складність виготовлення шліцьових валів;
- збільшення концентраторів напружень [2].

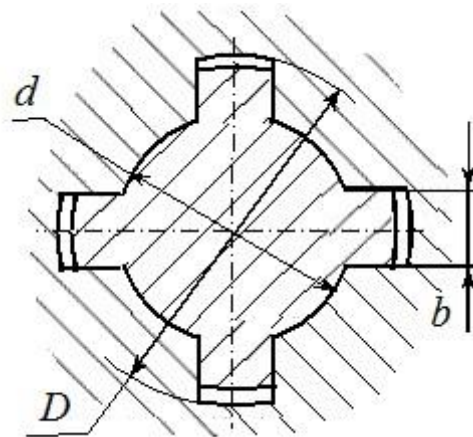


Рисунок 1.2 – Прямокутне шліцьове з'єднання [3]

Прямокутні шліцьові з'єднання (рис. 1.2) в даний час одержали найбільше поширення і застосовуються в рухомих і нерухомих з'єднаннях. Прямокутні шліцьові з'єднання виконуються з центруванням по бічних сторонах шліців (розмір b), по зовнішньому D і внутрішньому d діаметрах. На рис. 1.2 показане шліцьове з'єднання з центруванням по внутрішньому діаметру. Розміри прямокутних шліцьових з'єднань стандартизовані [3].

1.2 Методи виготовлення шліців

Шліці нарізають фрезеруванням, струганням, протягуванням і холодною накаткою. Технологічний процес обробки шліців залежить від методу центрування шліцьового з'єднання і термічної обробки [4].

Розглянемо кожний зі способів отримання шліців на валу.

1.2.1 Фрезерування шліців

Існують декілька способів фрезерування шліців на валу. Найбільш поширеними являються метод фрезерування дисковими фрезами, фасонною й торцевою фрезами та черв'ячними фрезами.

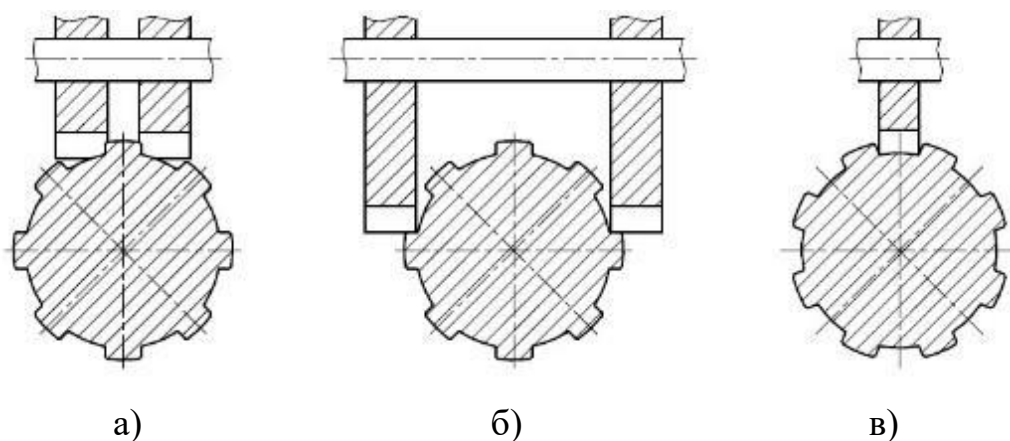


Рисунок 1.3 – Схема фрезерування дисковими фрезами

Іноколи чорнове фрезерування шліців виконують дисковими фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах з допомогою використання ділильної головки. Застосування звичайних дискових фрез є менш продуктивним, ніж використання фасонних фрез, але являється більш економічним шляхом. Для підвищення продуктивності застосовують одночасно фрезерування двох-трьох шліцьових валів двома-трьома дисковими фрезами з допомогою трьохшпindelної головки. Мінусом є незабезпечення необхідної точності по кроку і ширині шліців.

Попереднє фрезерування бічних поверхонь шліців може виконуватись на горизонтально-фрезерних верстатах двома дисковими швидкорізальними або твердосплавними фрезами з наступною обробкою профіля впадини дискової профільної фрези (рис. 1.3, а). При цьому залишається припуск на шліфування. Фрезерування впадин в одну операцію виконують дисковою фасонною фрезой (рис. 1.3, б) [4].

В дрібносерійному та одиничному виробництві при центрування шліцьової втулки по зовнішньому діаметру фрезерування ведеться двома дисковими фасонними фрезами, що одночасно обробляють бічні сторони та впадини (рис. 1.3, в) [4].

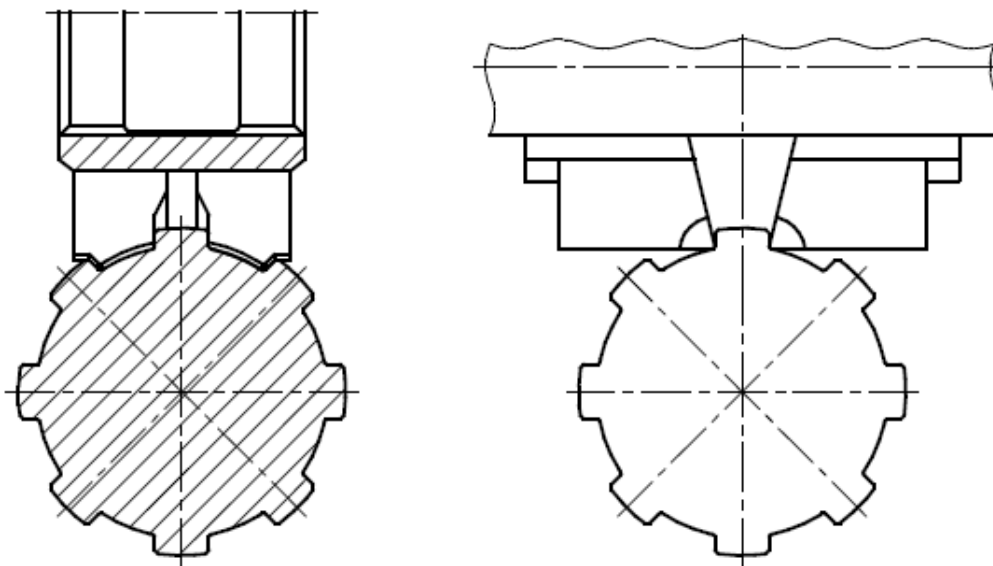


Рисунок 1.4 – Обробка шліців фасонною та торцевою фрезами

Існують і більш досконалі методи фрезерування шліців на валах. Наприклад, розроблено нарізання прямобічних шліців попереднім фрезеруванням фасонними дисковими фрезами і чистовим фрезеруванням бічних поверхонь шліців торцевими фрезами, оснащеними пластинами з твердого сплаву (рис. 1.4). Такий метод нарізання шліців в 3-4 рази продуктивніше, ніж обробка на шліцефрезерних верстатах. Обробка шліців валу з центруванням по зовнішньому діаметрі за цим способом виключає необхідність застосування шліцьових фрез високої точності, складного обладнання, а також необхідність шліфування шліців. Чистове фрезерування торцевими твердосплавними фрезами забезпечує чистоту обробки в межах $Ra=1.6$ мкм і високу точність шліцьового з'єднання [4].

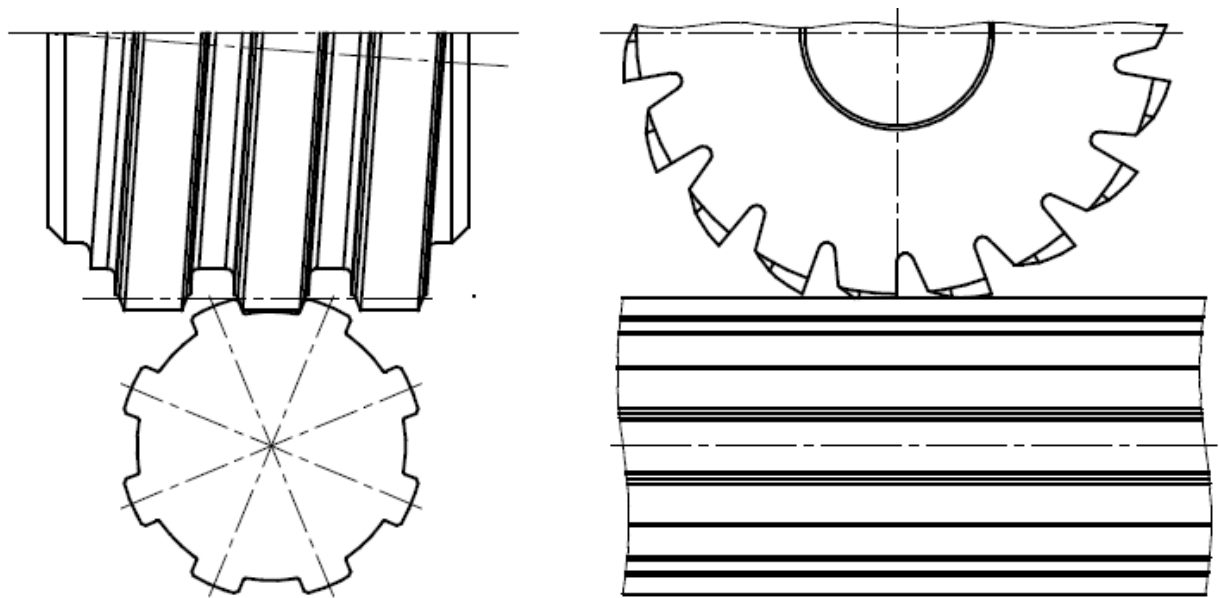


Рисунок 1.5 – Обробка шліців черв'ячною фрезою

У неавтоматизованому серійному виробництві зазвичай нарізають шліци на шліцефрезерних або зубофрезерних верстатах черв'ячною фрезою методом обкатки. Робоча частина черв'ячної фрези виконана за профілем, що забезпечує отримання шліців при обкатці. Фрезерування черв'ячними фрезами шліцьових валів однаково як для отримання прямобічного профілю шліців, так і для евольвентного і здійснюється при тих же робочих рухах фрези і деталі. Цей метод досить трудомісткий, так як виконується при порівняно невисоких режимах різання. Нарізати шліци можна за один або два робочих ходу в залежності від необхідної точності. Можна застосовувати багатозахідну черв'ячну фрезу для чорнового фрезерування, яка збільшує продуктивність, але необхідної точності не дає [4].

1.2.2 Нарізання шліців різцями

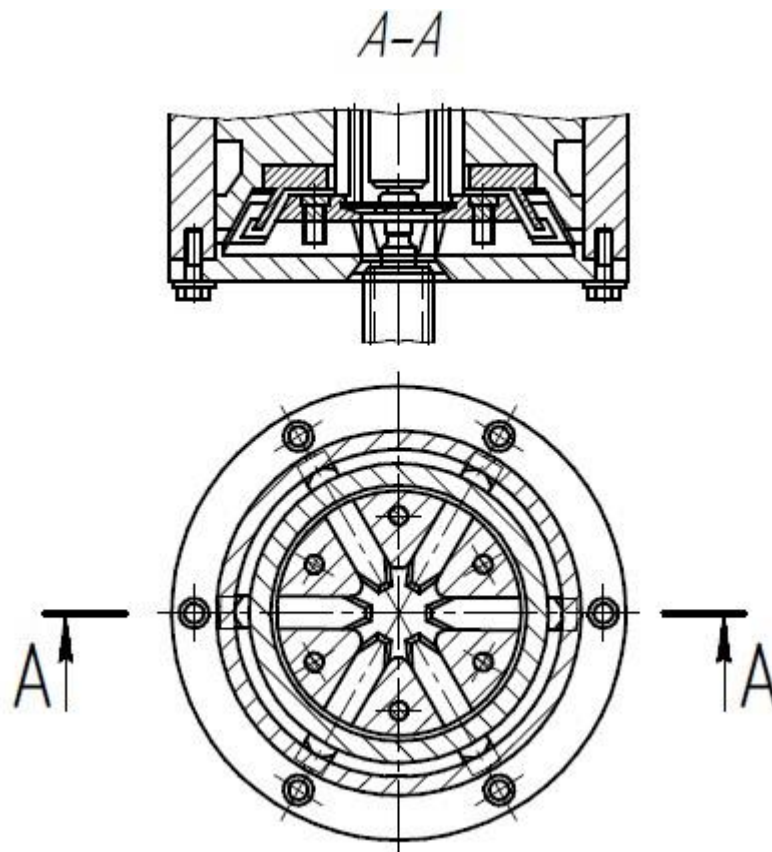


Рисунок 1.6 – Нарізання шліців струганням

Стругання шліців на валах виробляють набором фасонних різців, зібраних в голівці, і ефективно може бути застосоване у крупносерійному і масовому виробництві. Їх кількість і профіль відповідають числу шліців і профілю западини між шліцами валу (рис. 1.6). Число подвійних ходів головки визначається глибиною шліцьовій канавки і прийнятої глибиною різання за один робочий хід. Різці в голівці заточують комплектно в спеціальному пристрої. За кожен подвійний хід різці сходяться радіально на задану величину подачі. Цим методом можна обробляти як наскрізні, так і непрямі шліци [4].

1.2.3 Нарізання шліців протягуванням

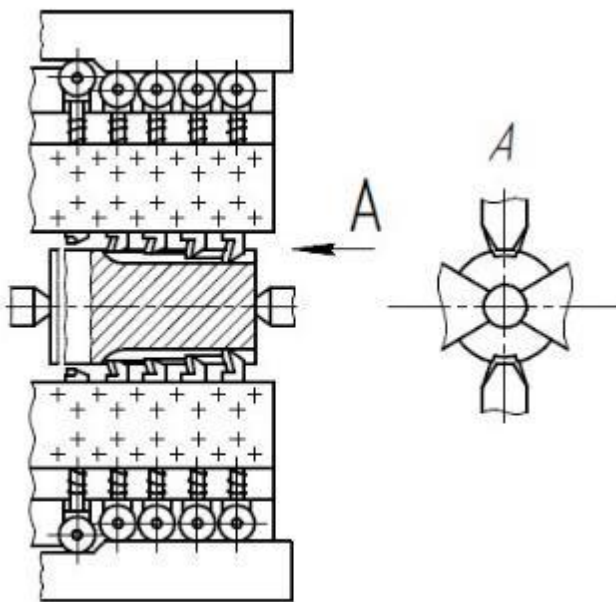


Рисунок 1.7 – Нарізання шліців протягуванням

Іншим високопродуктивним методом отримання шліців є шліцьопротягування. Шліцьопротягування виробляють двома блоковими протяжками (рис. 1.7) одночасно двох діаметрально протилежних западин на валу з наступним поворотом валу на кут $\alpha = 360 / z$ (де z - число шліців) після кожного ходу протягання [4].

Блок протягання складається з набору різців-зубів, які можуть незалежно переміщатися в радіальному напрямку. Різці заточують комплектно і встановлюють в блоки в спеціальному пристрої. Цей метод дозволяє обробляти наскрізні і ненаскрізні шліці. Копірна лінійка дає можливість протягувати ненаскрізні шліці по заданій траєкторії. Різниця діаметрів ступенів, при обробці валів з ненаскрізними шліцами не повинна перевищувати 25...30 мм. За продуктивністю шліцестругання і шліцьопротягування продуктивніше, ніж шліцефрезерування приблизно в 5-8 разів (в залежності від розмірів шліців) [4].

1.2.4 Холодне накатування шліців

Великі перспективи має холодну накатування шліців, при якому шліци утворюються пластичним деформуванням без зняття стружки.

Ущільнення шару металу при накатуванні підвищує міцність шліцьових валів. У ряді випадків холодне накатування дозволяє уникнути термічної обробки валів і подальшої механічної обробки шліців. Холодним накатуванням в основному роблять евольвентні шліци, так як для прямобічних шліців значно ускладняється профіль робочих поверхонь накатних роликів, що вимагає спеціального обладнання для їх виготовлення. Залежно від довжини шліців продуктивність при накатуванні приблизно в 10 разів вище, ніж продуктивність при шліцьофрезеруванні [4].

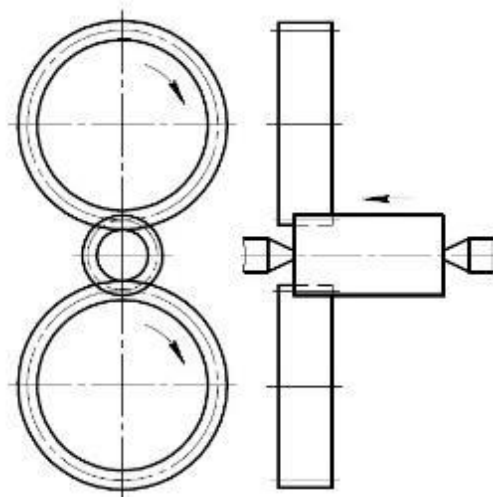


Рисунок 1.8 – Накатування шліців круглими роликами

При накатуванні профільними круглими роликами (рис. 1.8) пластичні деформації проникають на велику глибину в оброблювану заготовку. Твердість заготовок не повинна перевищувати HB 220, тому в процесі накатки відбувається її подовження, витіснений метал частково розміщується і на зовнішній поверхні деталі. Після накочування зовнішній діаметр обробленої деталі дещо збільшується і тому вона повинна бути піддана зовнішньому шліфуванню [4].

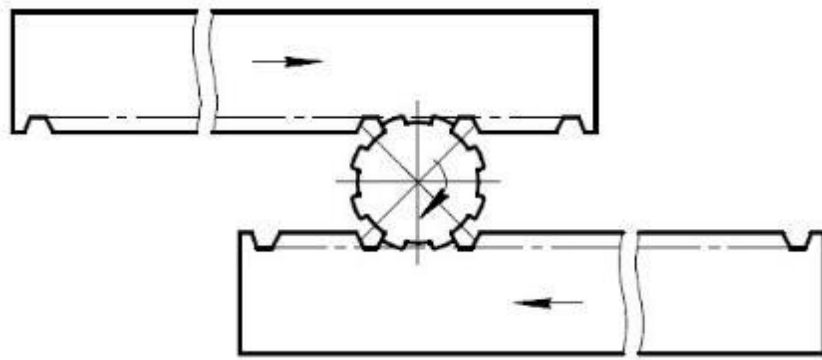


Рисунок 1.9 – Накатування шліців роликами

Холодне накатування шліців можна виготовляти і рейками (рис. 1.9) за методом «Рото-фло». Цей метод полягає в тому, що оброблювана заготовка обертається в центрах між верхньою і нижньою інструментальними рейками, які швидко переміщуються в протилежних напрямках, видавлюючи при цьому метал по периферії круглої заготовки. Накатування шліців рейками за один робочий хід на всю довжину продуктивніше, ніж накатування роликами, але внаслідок виникаючих великих сил воно не рекомендується для накатування шліців довжиною понад 80 ... 100 мм [4].

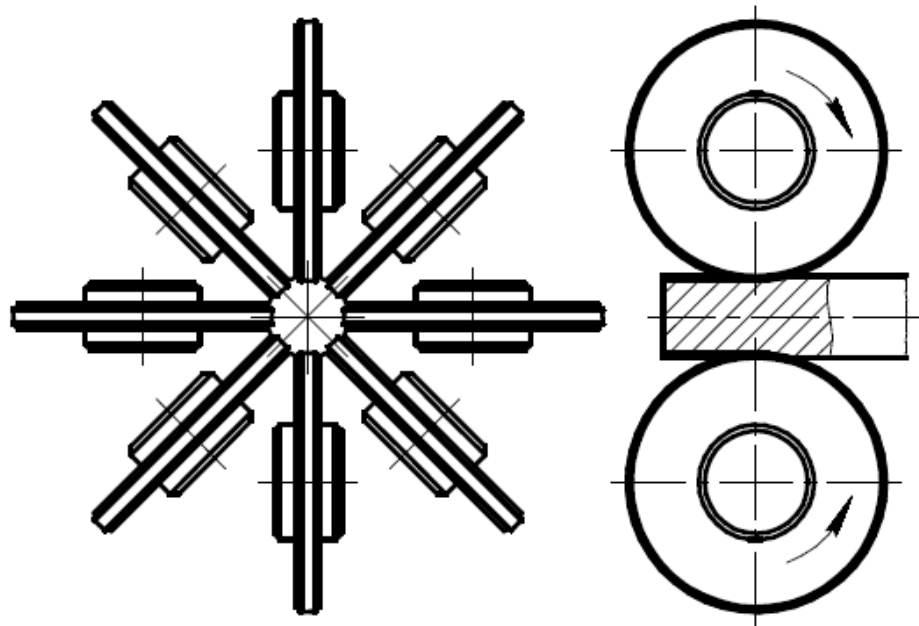


Рисунок 1.10 – Накатування шліців багатороликовою головкою

Холодне накатування багатороликowymi профільними головками (рис. 1.10) вимагає особливо точного виготовлення інструменту. Інструментальна головка складається з жорсткого загартованого кільця, в якому розміщені сегменти (на схемі не показані), в кожному сегменті встановлено по одному профільюючого ролику (на схемі 8 роликів), що вільно обертаються на осях в підшипниках. Ролики регулюють і замінюють незалежно один від іншого. Оброблювану заготовку закріплюють у центрах затискного пристрою, а багатороликowa головка переміщається зі швидкістю 3 м/хв уздовж осі нерухомої оброблюваної деталі на точно встановлену довжину, утворюючи на ній шліци, профіль яких відповідає профілю ролика [4].

1.3 Вибір методу обробки шліцьового валу

Проаналізуємо технічне завдання для вибору методу отримання шліців.

Згідно нього, необхідно отримати шліцьовий вал $D-8 \times 32 \times 36f7 \times 6e8$, що виготовлений зі Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 ($\sigma = 690$ МПа). Поперечний профіль його зображений на рис. 1.11. Виробництво валів – дрібносерійне.

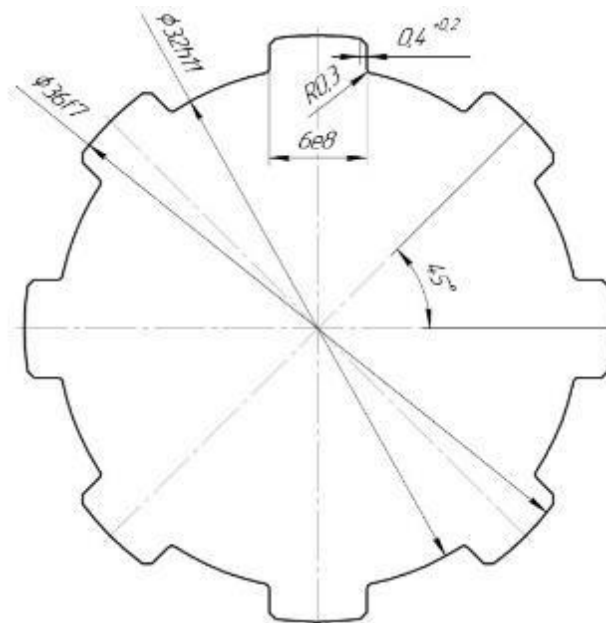


Рисунок 1.11 – Поперечний профіль валу

Згідно технічного завдання, найбільш продуктивним, точним та економічним буде використання черв'ячної фрези при фрезеруванні шліців. Отже, виконаємо проектування цільної черв'ячної фрези для обробки попередньо вказаного шліцьового валу.

2 ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ

Розробка черв'ячної фрези для деталей будь якого профілю виконується у такій послідовності:

- визначення радіусу початкового кола, що пов'язане з відомим профілем деталі;
- профілювання, результатом якого є профілю різальних кромek інструмента;
- розрахунок конструктивних параметрів фрези;
- оформлення креслень [5, с. 5].

Виконаємо всі попередньо вказані кроки проектування черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу.

2.1 Радіус початкового кола

Величина радіусу початкового кола r_n має суттєвий вплив на профіль різальної кромки інструмента та умови формоутворення, тому вона не може бути прийнятою довільною.

Для деталей шліцьового профілю з паралельними бічними сторонами (рис. 2.1) радіус початкового кола r_n визначається за залежністю з (ф.1 [5]) :

$$r_n = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \left(\frac{B}{D}\right)^2} \quad (2.1)$$
$$r_n = 17.812 \text{ мм}$$

Де D - номінальний зовнішній діаметр валу;

B - номінальна ширина шліца [5, с. 5-7].

Отримана величина радіусу початкового кола є найменш допустимою величиною. Тому у процесу подальших розрахунків для зручності можемо округлити дану величину у більшу сторону.

Тому приймаємо радіус початкового кола рівним:

$$r_n = 17.9 \text{ мм}$$

У загальному випадку єдиною умовою, що впливає на розмір початкового кола є те, що нормаль до будь якої точки профілю деталі повинна перетинати початкове коло [5, с. 5-8].

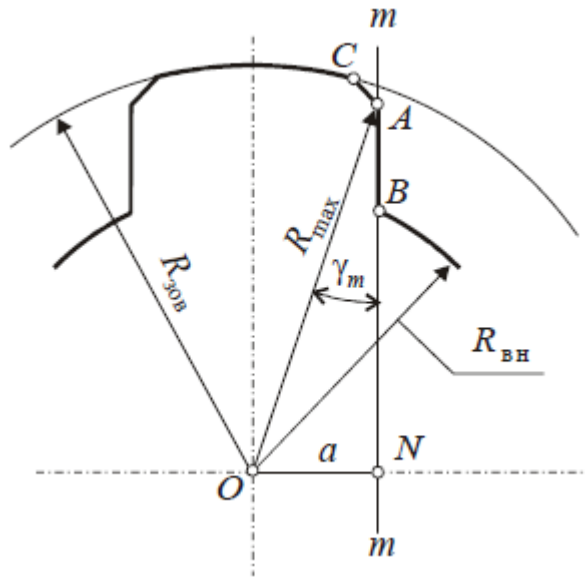


Рисунок 2.1 – Параметри торцевого профілю деталі [5, рис. 1, а]

2.2 Профілювання

Існує 3 методи профілювання черв'ячних фрез:

1. графічний;
2. графоаналітичний;
3. аналітичний.

Виконаємо проектування профілю різальної кромки черв'ячної фрези всіма трьома методами.

2.2.1 Графічні методи профілювання

Графічні методи профілювання найбільш наочні, але й найменш точні. У той же час вони дозволяють детально простежити процес формоутворення [5, с. 8].

2.2.1.1 Метод послідовних положень

Розглянемо найбільш класичний метод профілювання – метод послідовних положень. Зміст цього методу полягає в тому, що відомий профіль у процесі профілювання займає ряд послідовних положень. Огинаюча до яких і буде шуканим (спряженим) профілем [5, с. 8].

2.2.1.1.1 Пряма задача графічного профілювання

При вирішенні прямої задачі профілювання відомим є профіль деталі, а шуканим – профіль інструмента. При застосуванні методу послідовних положень необхідно спроектувати два шаблони – шаблон відомого профілю та шаблон, на якому виконують графічні побудови.

Шаблон відомого профілю. Відомим профілем є профіль деталі, який пов'язаний з початковим колом r_n . На рис. 2.2 зображено шаблон шліцьового валу.

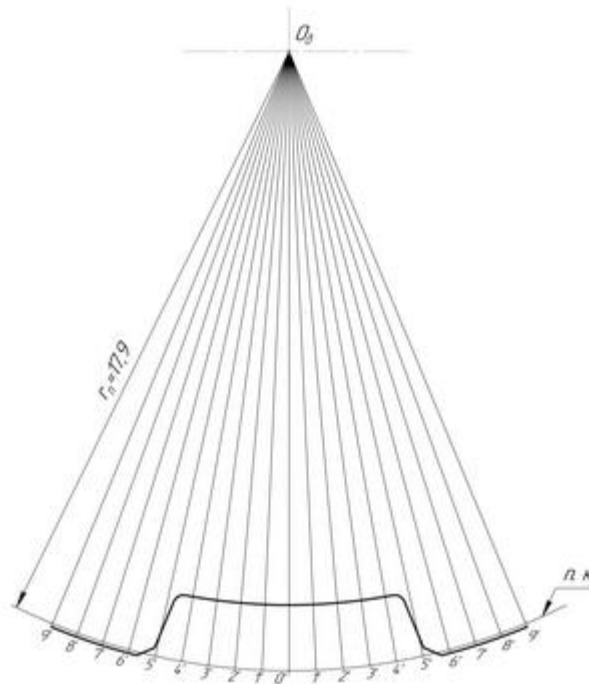


Рисунок 2.2 – Шаблон профілю деталі

Послідовність побудов шаблону така:

- приймаємо масштаб графічних побудов 10:1;
- викреслимо початкове коло r_n ;
- викреслимо частину відомого профілю, а саме впадину шліца;
- поділимо початкове коло r_n на рівні відрізки [5, с. 9-10].

Шаблон побудов. Всі подальші побудови будемо виконувати на окремому шаблоні (рис. 2.3) на якому:

- проведемо горизонтальну лінію (лінія *n.пр.* на кресленні) прийнявши її за початкову пряму;
- поділимо початкову пряму на відрізки довжина яких дорівнює довжині дугових поділок на початковому колі. Тобто $\cup 0'1' = 01$ і так далі;
- провести перпендикуляри до початкової прямої;
- на відстані, що дорівнює r_n від початкової прямої провести тонку лінію центрів *O-O* паралельну до початкової прямої [5, с. 10-11].

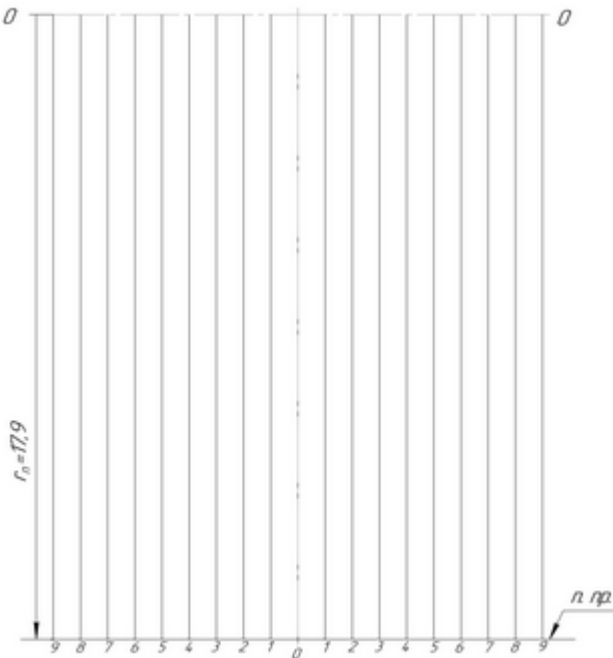


Рисунок 2.3 – Шаблон побудов

Профілювання. Усі подальші побудови виконуємо на шаблоні побудов у наступній послідовності:

- накладемо шаблон відомого профілю деталі на шаблон побудов (рис. 2.4, а) та сумістимо точку O' шаблону деталі з точкою O шаблону побудов;
- сумістимо між собою перпендикуляр до початкової прямої та радіусний луч в точці 9 та $9'$ відповідно;
- скопіюємо шаблон та збережемо його;
- послідовно сумістимо відповідні позначки на початковому колі та на початковій прямій та скопіюємо й збережемо шаблон [5, с. 11].

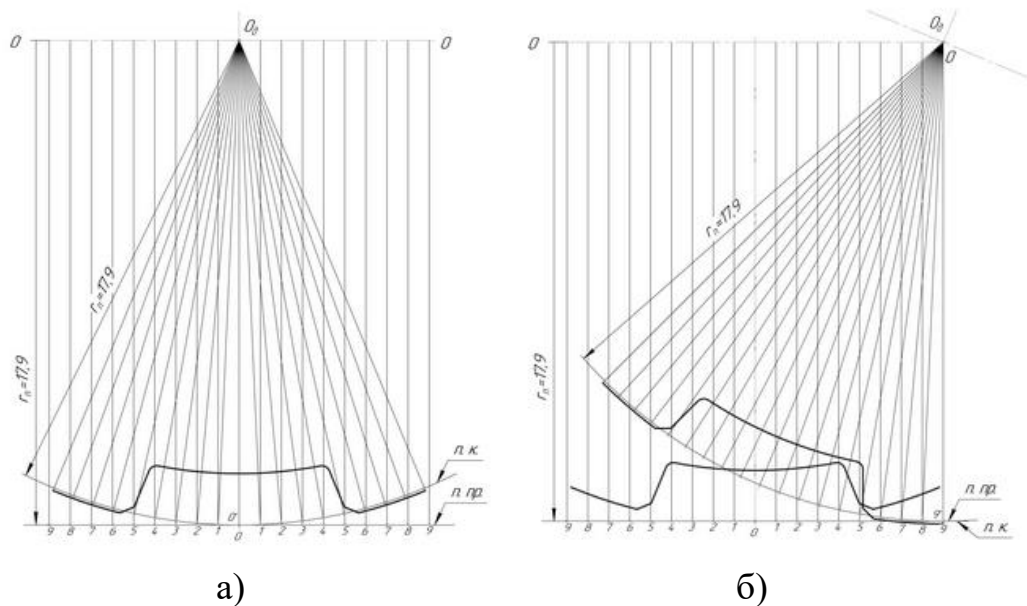


Рисунок 2.4 – Послідовність побудов

Результатом дій буде графічна сукупність кривих (рис. 2.5) на якому товстою лінією позначено початкове положення профілю деталі. Огинаюча до послідовних положень і є профіль черв'ячної фрези для утворення заданого шліцьового валу [5, с. 11].

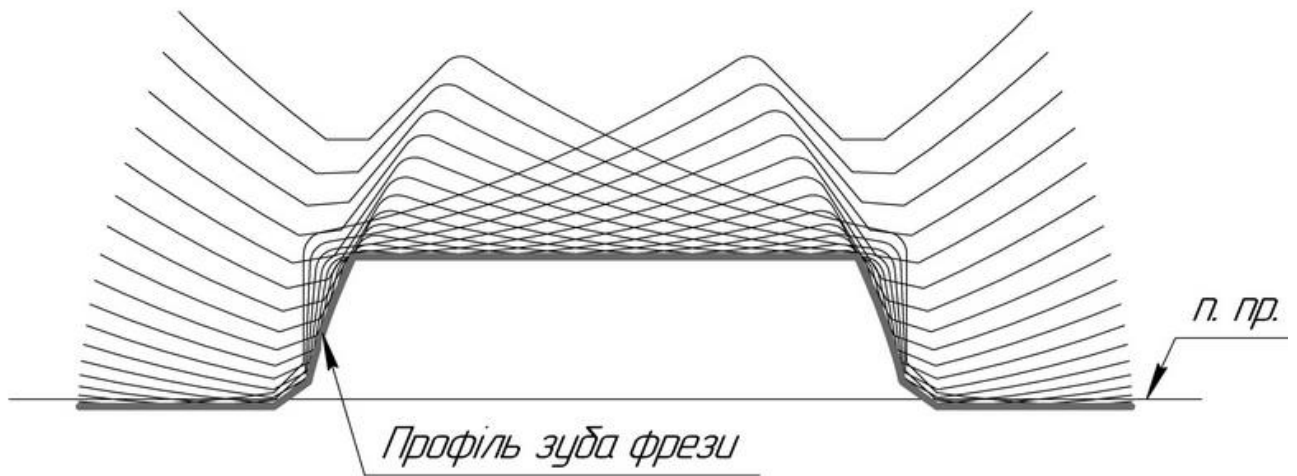
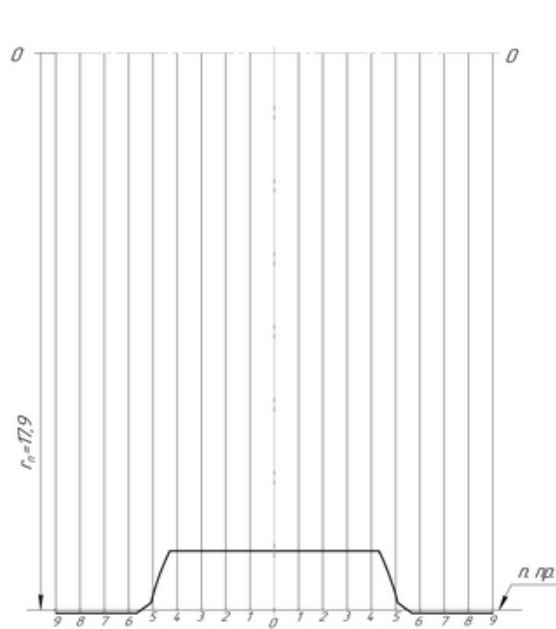


Рисунок 2.5 – Результати профілювання

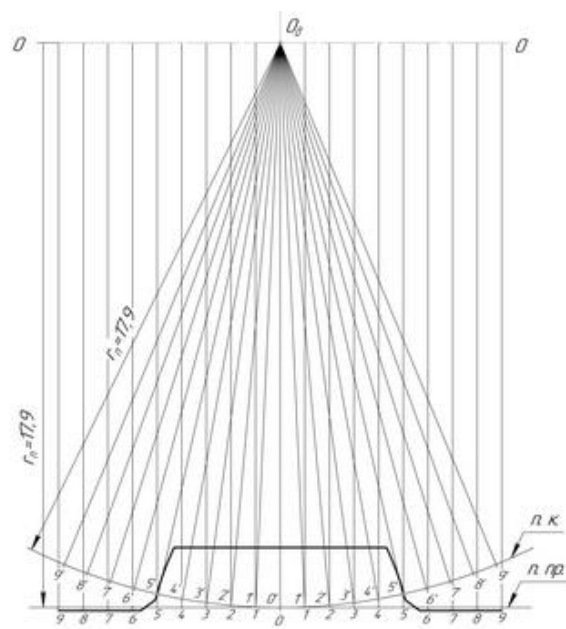
2.2.1.1.2 Зворотна задача графічного профілювання

Метою зворотної задачі є визначення профілю деталі, яка буде утворена відомим інструментом. Послідовність графічного вирішення зворотної задачі така:

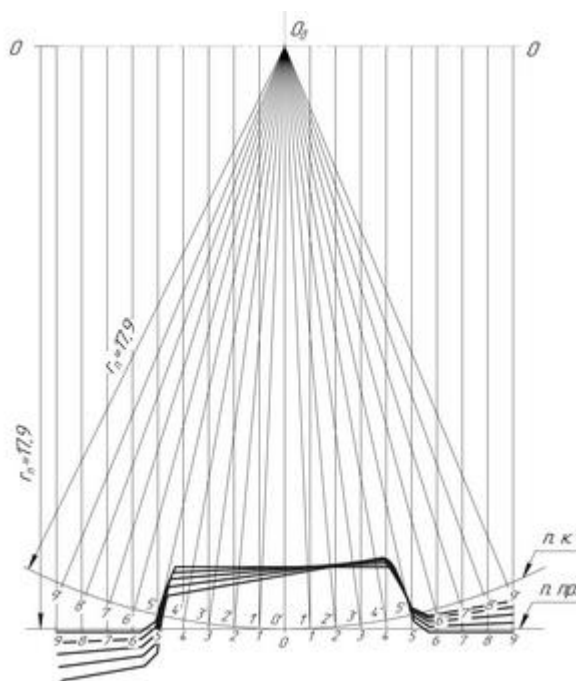
- викреслимо шаблон відомого профілю інструмента (рис. 2.6, а) та пронумеруємо поділки;
- зобразимо шаблон початкового кола. При цьому, його розмір повинен точно дорівнювати радіусу r_n початкового кола, який був прийнятий при вирішенні прямої задачі;
- сумістимо шаблони (рис. 2.6, б) між собою;
- виконаємо обкатку шаблону інструменту (початкової прямої) по початковому колу деталі (рис. 2.6, в). Для цього необхідно послідовно сумістити позначки з однаковими номерами та відповідні радіуси з перпендикулярами. Результатом обкатки буде профіль деталі у її торцевому перерізі (рис. 2.7) [5, с.13-15].



а)



б)



в)

Рисунок 2.6 – Зворотна задача профілювання

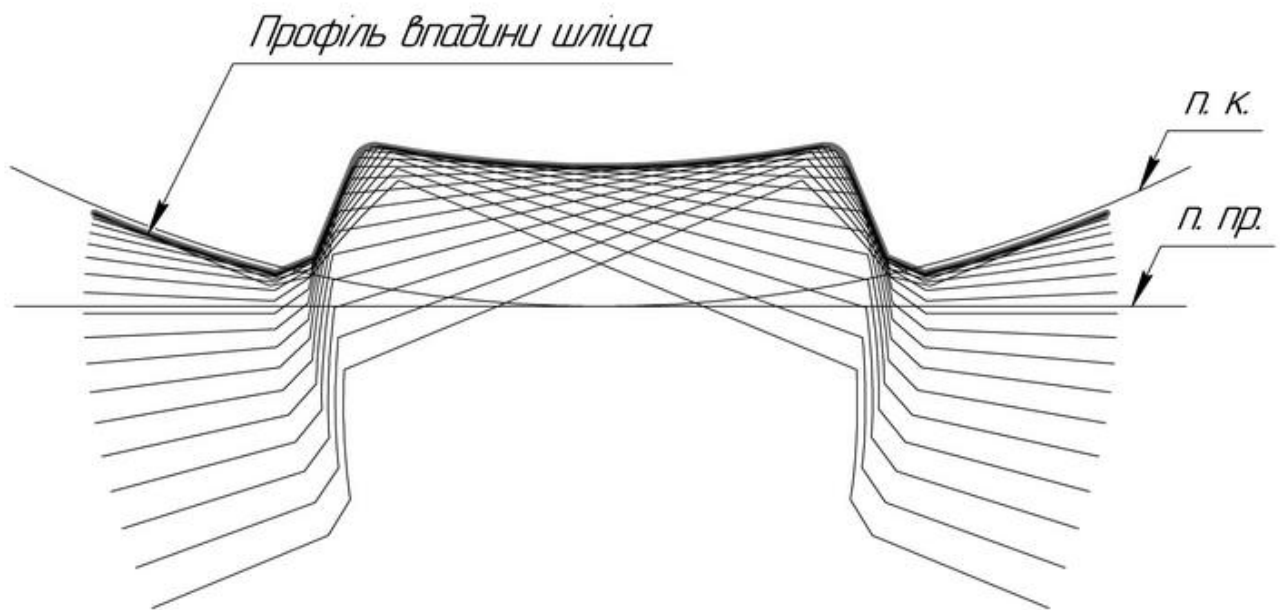


Рисунок 2.7 – Результати зворотної задачі профілювання

2.2.1.2 Метод загальних нормалей

Метод загальних нормалей засновано на положенні, що в точці контакту деталь та інструмент мають загальну нормаль. Цей метод значно простіший, ніж метод послідовних положень, але він менш наочний та не дозволяє автоматизувати процес графічних побудов. Окрім цього, шуканий профіль знаходять не як огинаючу до кривих, а як лінію, що проходить через послідовність точок.

Побудови за методом загальних нормалей складаються з двох етапів:

- визначення лінії зачеплення деталі та інструмента;
- визначення профілю інструмента [5, с. 15].

Підготовчі побудови. Насамперед викреслимо початкове положення основних елементів у такій послідовності:

- визначимо початкове коло r_n та викреслимо його і початкову пряму (рис. 2.8);
- викреслимо коло радіусу, що рівний половині шліца a ;

- на початковому колі та початковій прямій позначимо поділки однакової довжини. Довжина дуги повинна дорівнювати довжині прямого відрізка;
- провести з поділок початкового кола дотичні до кола радіуса a [5, с. 16].

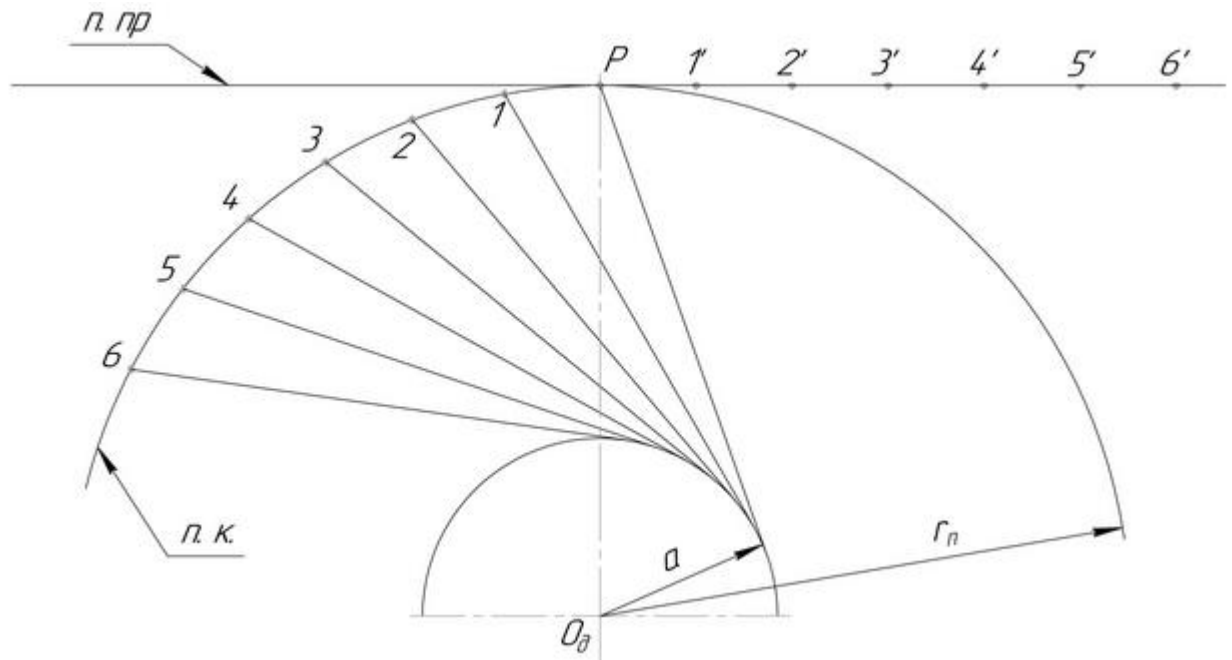


Рисунок 2.8 – Підготовчі побудови

Побудова лінії зачеплення. Лінію зачеплення будують у такій послідовності (рис. 2.9):

- з точки P (полюс миттєвого обертання) опустимо перпендикуляри на дотичні до кола a . Отримані точки позначимо з індексом 1;
- через отримані точки проведемо плавну криву, яка і буде лінією зачеплення [5, с. 16-17].

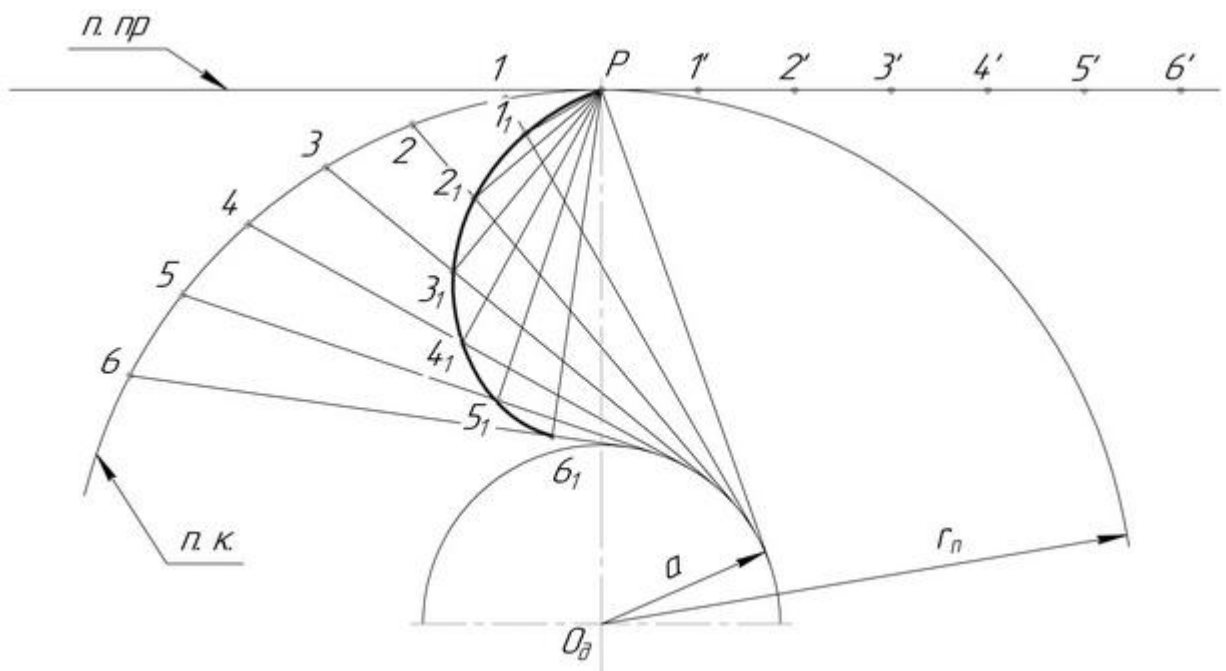


Рисунок 2.9 – Лінія зачеплення

Профіль інструмента. Профіль інструмента визначаємо у такій послідовності (рис. 2.10):

- з кожної точки лінії зачеплення проведемо горизонтальну лінію, довжина якої дорівнює відповідній поділці на початковій прямій;
- отримані точки позначимо з індексом 0. Це точки, що належать профілю інструменту;
- через отримані точки проведемо плавну криву, яка і буде профілем інструмента [5, с. 17-18].

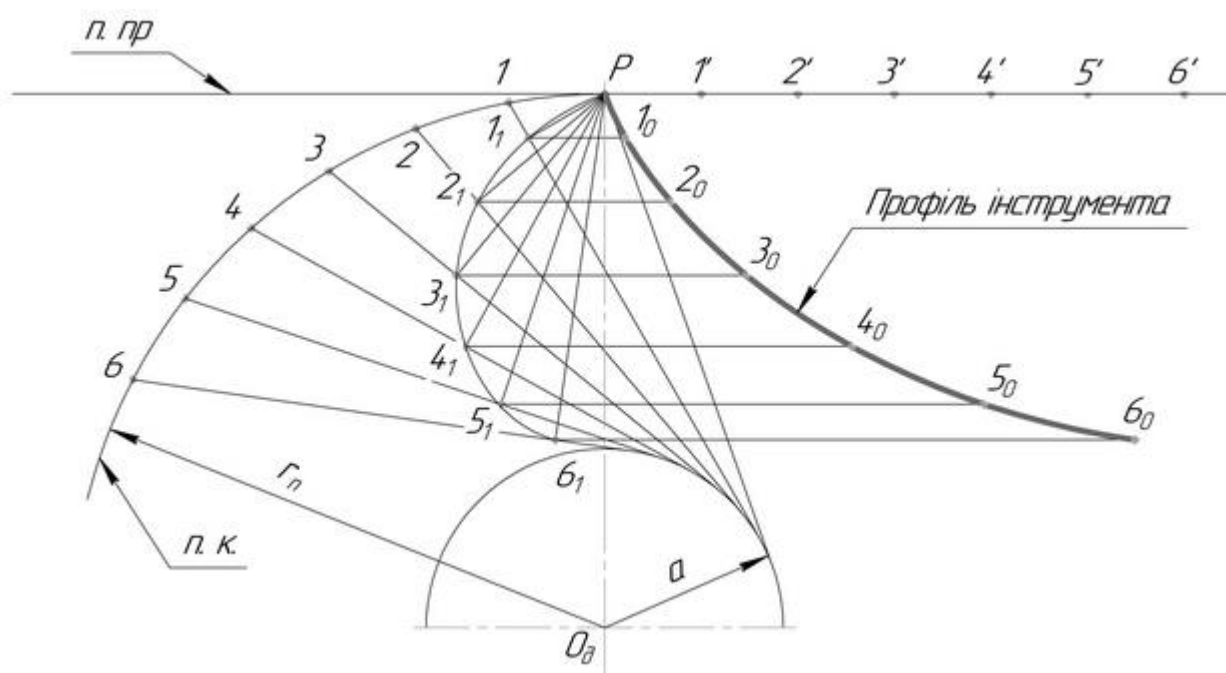


Рисунок 2.10 – Профіль інструмента

2.2.2 Графоаналітичне профілювання

Зміст графоаналітичного методу полягає в тому, що послідовні положення відомого профілю розраховують аналітично, а огибаючу до них визначають графічно.

2.2.2.1 Кочення кола по прямій

Якщо розглядати кочення початкового кола по початковій прямій, тобто пряму задачу (рис. 2.11), то положення шаблону (який зв'язано з початковим колом) можливо задати координатами точки M та кутом t нахилу радіального відрізка OM . На рис. 2.12 зобразимо розташування профілю деталі та точки M , що є реперною точкою.

Відстань між точкою M та центром O деталі позначимо як r_M [5, с. 19].

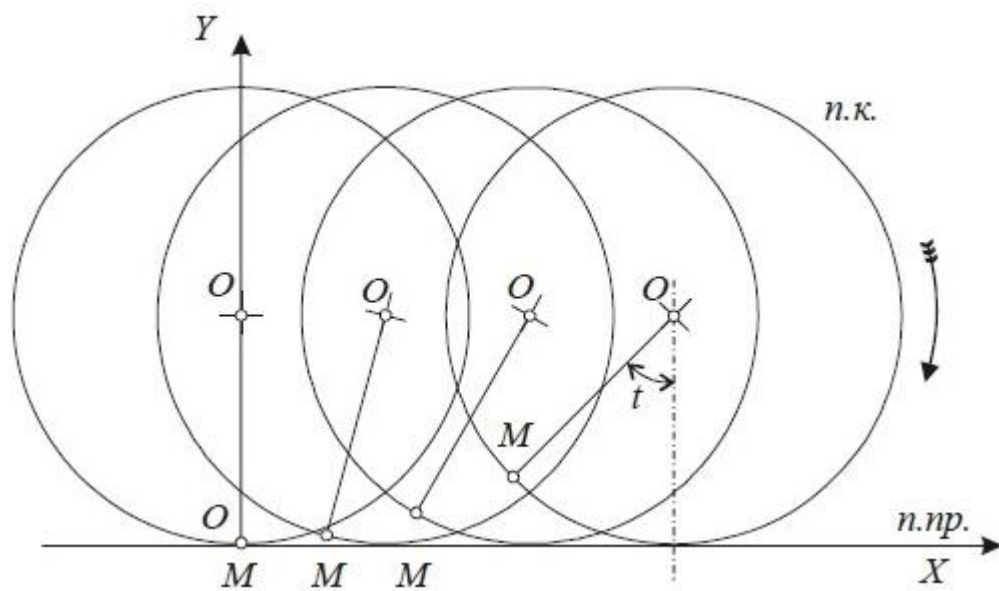


Рисунок 2.11 – Кочення кола [5, рис. 10]

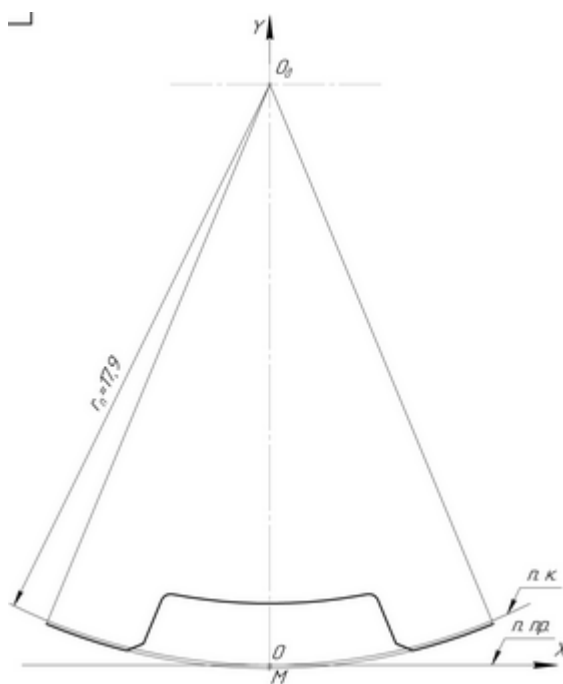


Рисунок 2.12 – Реперна точка

Послідовність графоаналітичного профілювання така:

- розрахуємо радіус початкового кола r_n відповідно до профілю деталі;
- викреслимо шаблон профілю деталі;

- визначимо положення реперної точки M та величину відстані r_M ;
- приймаємо ряд послідовних значень параметра t з кроком ± 0.1 радіан та розрахуємо сукупність координат x_M та y_M реперної точки M ;
- викреслимо сукупність послідовних положень шаблону та проведемо огинаючу до них [5, с. 21-22].

Якщо надати початковому колу r_n рух кочення по початковій прямій, то координати x_M та y_M реперної точки M в системі координат XU зв'язаної з початковою прямою можливо визначити як (ф.7,8 [5]):

$$x_M = r_n \cdot t - r_M \cdot \sin t \quad (2.2)$$

$$y_M = r_n - r_M \cdot \cos t \quad (2.3)$$

Де r_n - прийнятий радіус початкового кола;

r_M - відстань між точкою M та центром O деталі;

t - змінний параметр виражений у радіанах [5, с. 20].

Розрахуємо координати реперних точок при значення змінного параметру t в межах від 1 до -1 радіана та зведемо дані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Координати реперної точки

t , рад	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1
X_M , мм	-2,754	-2,010	-1,408	-0,934	-0,576	-0,320	-0,150	-0,051	-0,004	0,007
Y_M , мм	8,175	6,711	5,359	4,133	3,044	2,104	1,321	0,704	0,259	-0,010
t , рад	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
X_M , мм	-0,007	0,004	0,051	0,150	0,320	0,576	0,934	1,408	2,010	2,754
Y_M , мм	-0,010	0,259	0,704	1,321	2,104	3,044	4,133	5,359	6,711	8,175

На рис. 2.13 зобразимо траєкторію послідовних положень точки M . Дана траєкторія являється циклоїдою.

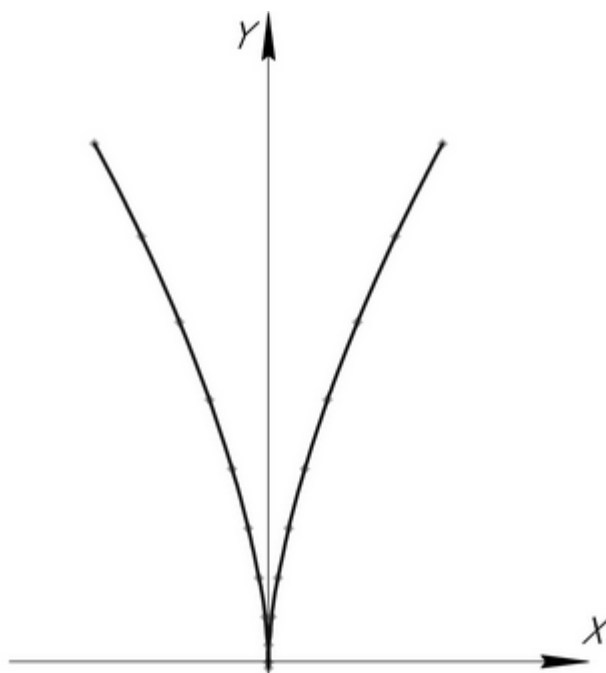


Рисунок 2.13 – Траєкторія реперної точки

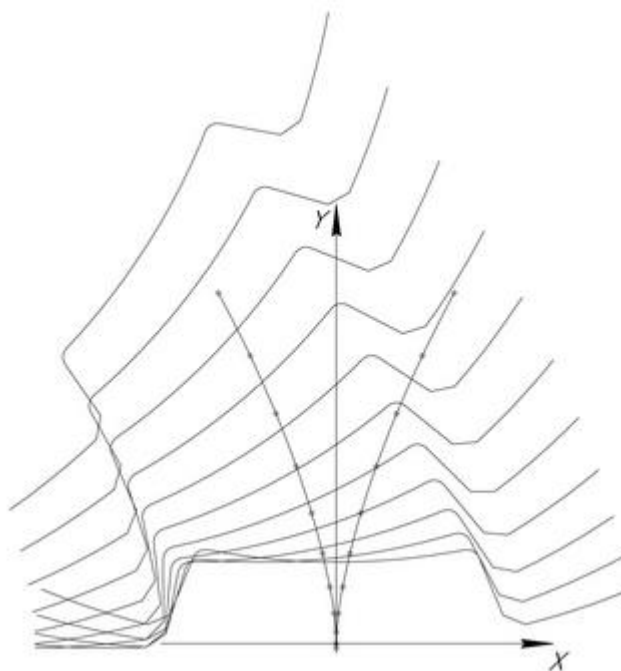


Рисунок 2.14 – Утворення профілю інструменту

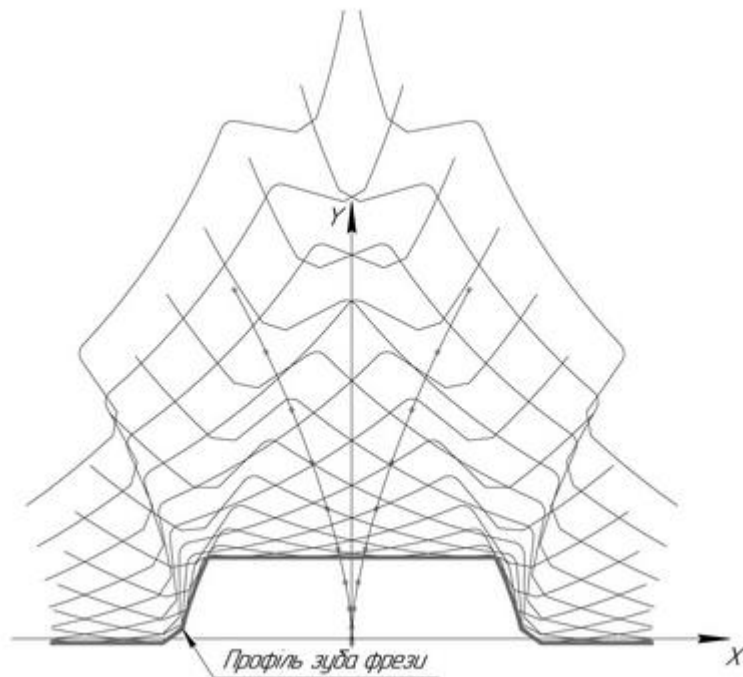


Рисунок 2.15 – Профіль інструменту

2.2.2.2 Кочення прямої по колу

При коченні прямої по колу (зворотна задача профілювання) за початок системи координат приймаємо точку дотику початкового кола та початкової прямої, тобто миттєвий полюс обертання P . Тоді у початковий момент вісь X буде співпадати з початковою прямою, а вісь Y проходить через полюс P та центр початкового кола.

Послідовність графоаналітичного профілювання така:

- приймаємо радіус початкового кола r_n такий самий, який був при вирішенні прямої задачі;
- зобразимо шаблон профілю інструменту;
- визначимо положення реперної точки M ;
- приймаємо ряд послідовних значень параметра t з кроком ± 0.1 радіан та розрахуємо сукупність координат x_M та y_M реперної точки M ;

- викреслимо сукупність послідовних положень шаблону та проведемо огинаючу до них [5, с. 21-22].

Координати x_M та y_M реперної точки M в процесі обкатки прямої по колу можна визначити як (ф.9,10 [5]):

$$x_M = (r_n - r_M + r_n) \cdot \sin t - r_n \cdot t \cdot \cos t \quad (2.4)$$

$$y_M = (r_n - r_M + r_n) \cdot \cos t - r_n \cdot (t \cdot \sin t - 1) \quad (2.5)$$

Розрахуємо координати реперних точок при значення змінного параметру t в межах від 1 до -1 радіана та зведемо дані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Координати реперної точки

t , рад	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1
X_M , мм	-5,307	-3,929	-2,792	-1,884	-1,187	-0,679	-0,337	-0,130	-0,028	0,004
Y_M , мм	6,780	5,784	4,774	3,786	2,855	2,012	1,283	0,692	0,256	-0,010
t , рад	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
X_M , мм	-0,004	0,028	0,130	0,337	0,679	1,187	1,884	2,792	3,929	5,307
Y_M , мм	-0,010	0,256	0,692	1,283	2,012	2,855	3,786	4,774	5,784	6,780

На рис. 2.16 зобразимо траєкторію послідовних положень точки M . Дана траєкторія являється евольвентою.

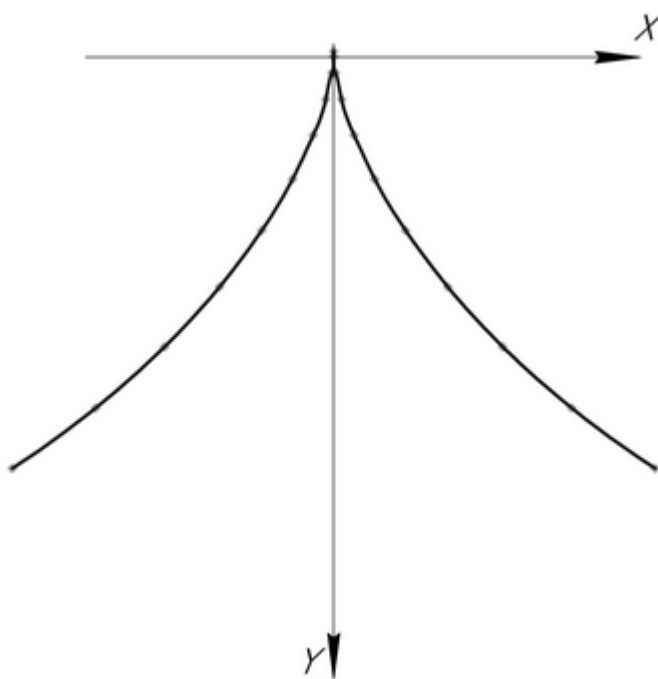


Рисунок 2.16 – Траєкторія реперної точки

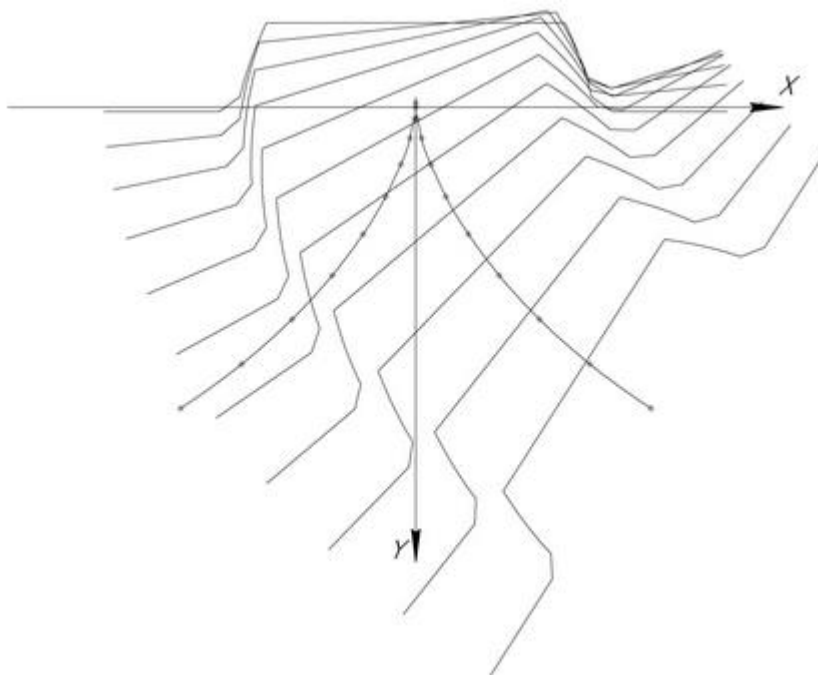


Рисунок 2.17 – Утворення профілю впадини шліца

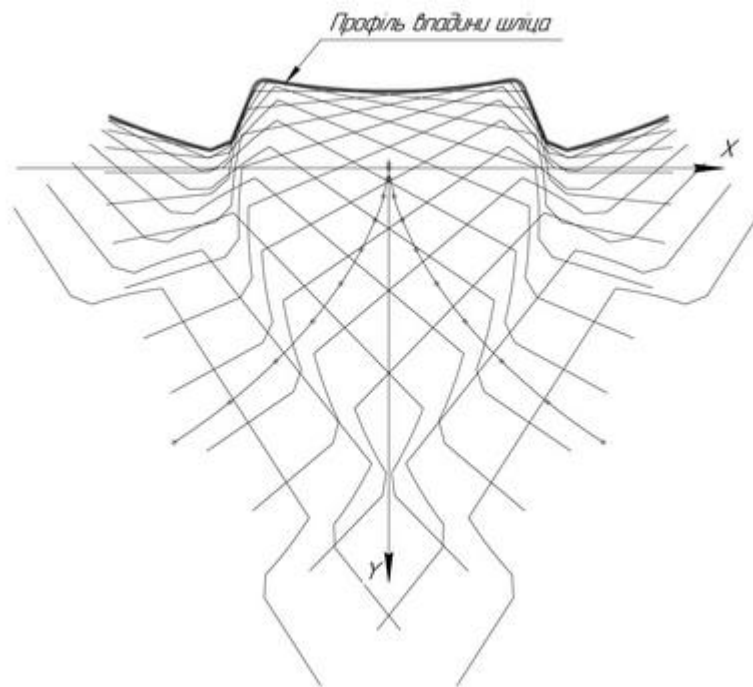


Рисунок 2.18 – Профіль впадини шліца

2.2.3 Аналітичне профілювання

Початкові параметри

Визначимо основні початкові параметри, що залежать від профілю деталі та технічних умов, яким вона повинна відповідати.

Для шліцьового вала важливим є наявність або відсутність подальшого шліфування, що впливає на порядок визначення розрахункових параметрів.

$D = 36$ мм – номінальний зовнішній діаметр валу.

$EI_D = -0.05$ мм – нижнє граничне відхилення зовнішнього діаметру.

$ES_D = -0.025$ мм – верхнє граничне відхилення зовнішнього діаметру.

$d = 32$ мм – номінальний діаметр вписаного кола.

$ei_D = -0.16$ мм – нижнє граничне відхилення вписаного кола.

$es_D = 0$ – верхнє граничне відхилення вписаного кола.

$B = 6$ мм – ширина шліца.

$ei_D = -0.038$ мм – нижнє граничне відхилення ширини шліца.

$es_D = -0.02$ мм – верхнє граничне відхилення ширини шліца.

$N = 8$ – кількість шліців.

$f = 0.4$ мм – величина фаски.

$Pr = 0.4$ мм – припуск на шліфування [5, с. 25].

Розрахункові параметри

Визначимо зовнішній розрахунковий діаметр, враховуючи граничні відхилення та наявність фаски (ф.11 [5]):

$$D_p = D + ES_D - 2 \cdot f \quad (2.6)$$

$$D_p = 35.175 \text{ мм}$$

Визначимо внутрішній розрахунковий діаметр з урахування величини припуску на подальше шліфування (ф.12 [5]):

$$d_p = d + Pr \quad (2.7)$$

$$d_p = 32.4 \text{ мм}$$

Визначимо розрахункову ширину шліца з урахуванням величини припуску на подальше шліфування (ф.13 [5]):

$$B_p = B + Pr \quad (2.8)$$

$$B_p = 6.4 \text{ мм}$$

Радіус початкового кола

Приймаємо значення радіусу початкового кола раніше розраховане:

$$r_n = 17.9 \text{ мм}$$

Висота профілю зуба

Визначимо розрахункову висоту профілю зуба фрези (ф.17 [5]):

$$h = \frac{D_p - d_p}{2} \quad (2.9)$$

$$h = 1.388 \text{ мм}$$

Для більш точного виконання подальшої заміни розрахункового профілю частиною кола, приймаємо висоту профілю зуба трохи більшою за розрахункову:

$$h = 2 \text{ мм}$$

Параметри профілю деталі

Визначимо значення центральної нормалі до профілю деталі:

$$a = \frac{B_p}{2} \quad (2.10)$$

$$a = 3.2 \text{ мм}$$

Визначимо максимальний розрахунковий зовнішній радіус валу:

$$R_{max} = \frac{D_p}{2} \quad (2.11)$$

$$R_{max} = 17.588 \text{ мм}$$

Визначимо кут профілю шліцьового валу (ф.19 [5]):

$$\gamma_e = \arcsin\left(\frac{a}{r_n}\right) \quad (2.12)$$

$$\gamma_e = 10.461^\circ$$

Розрахунок профілю інструменту

Задаємось кількістю розрахункових точок на профілі інструменту:

$$n_T = 30$$

Сформуємо масив індексів точок:

$$i = 1 \dots 30$$

Сформуємо масив координат у інструменту від нуля до найбільшого значення h , яке було прийняте раніше:

$$y_i = \frac{h}{n_T} \cdot i \quad (2.13)$$

Розрахуємо допоміжний параметр:

$$\alpha_i = \arcsin \left[\frac{\sin(\gamma_e)}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin(\gamma_e)}{2}\right)^2 + \frac{y_i}{r_n}} \right] \quad (2.14)$$

Розрахуємо масив координат «х» профілю інструмента:

$$x_i = r_n \cdot [(\alpha_i - \gamma_e) - \cos(\alpha_i) \cdot (\sin(\alpha_i) - \sin(\gamma_e))] \quad (2.15)$$

Зведемо отримані розрахунки в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Координати точок профілю інструменту

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_i , мм	0,067	0,133	0,2	0,267	0,333	0,4	0,467	0,533	0,6	0,667
α_i , °	0,199	0,215	0,23	0,243	0,255	0,267	0,277	0,288	0,297	0,307
x_i , мм	0,013	0,027	0,042	0,058	0,075	0,093	0,111	0,131	0,151	0,172
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
y_i , мм	0,733	0,8	0,867	0,933	1	1,067	1,133	1,2	1,267	1,333
α_i , °	0,316	0,325	0,333	0,341	0,349	0,357	0,364	0,372	0,379	0,386
x_i , мм	0,193	0,215	0,238	0,261	0,285	0,31	0,335	0,361	0,387	0,414
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
y_i , мм	1,4	1,467	1,533	1,6	1,667	1,733	1,8	1,867	1,933	2
α_i , °	0,393	0,4	0,407	0,413	0,42	0,426	0,432	0,438	0,444	0,45
x_i , мм	0,441	0,469	0,497	0,526	0,556	0,586	0,616	0,647	0,679	0,711

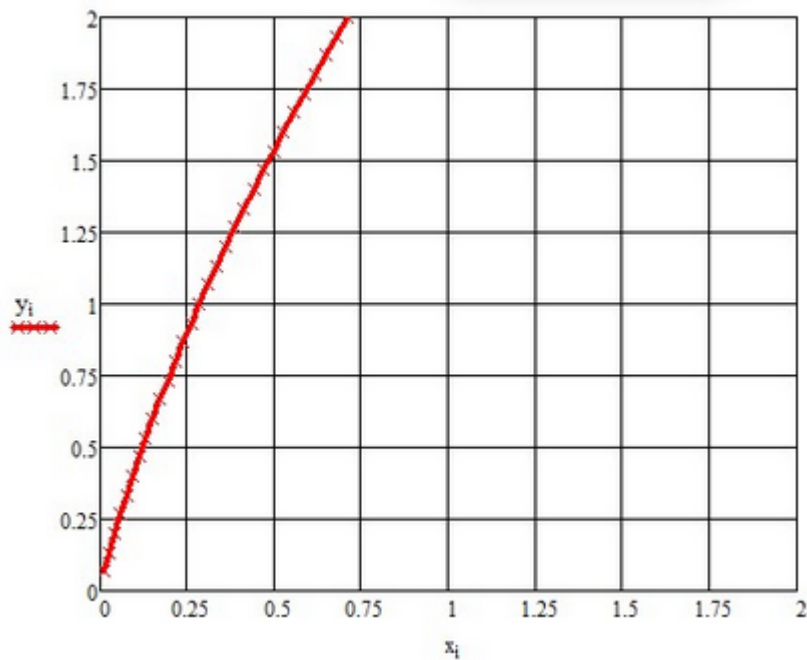


Рисунок 2.19 - Розрахований профіль інструменту

Розрахований профіль інструменту є плавною кривою із змінною кривизною. Геометрично вона досить близько нагадує за своєю формою коло, однак не є ним.

Заміна профілю інструменту частиною кола однією дугою

Вибираємо дві реперні точки з індексами $k1$ та $k2$ на профілі інструмента, через які буде проходити коло, що замінює профіль інструмента.

Визначення індексів виконуємо за допомогою програмного забезпечення *MathCAD*, використовуючи функцію *ceil*.

$$k1 = \text{ceil}\left(\frac{n_T}{3}\right) - 1 \quad (2.16)$$

$$k1 = 9$$

$$k2 = \text{ceil}\left(\frac{n_T}{3} \cdot 2\right) + 1 \quad (2.17)$$

$$k2 = 21$$

Визначимо координати та радіус центра кола, що замінює профіль інструмента на осях X та Y (ф.21,22,23 [5]):

$$x_{01} = \frac{[(x_{k2})^2 + (y_{k2})^2] \cdot y_{k1} - [(x_{k1})^2 + (y_{k1})^2] \cdot y_{k2}}{2 \cdot (x_{k2} \cdot y_{k1} - x_{k1} \cdot y_{k2})} \quad (2.18)$$

$$x_{01} = 7.068 \text{ мм}$$

$$y_{01} = \frac{[(x_{k2})^2 + (y_{k2})^2] \cdot x_{k1} - [(x_{k1})^2 + (y_{k1})^2] \cdot x_{k2}}{2 \cdot (x_{k2} \cdot y_{k1} - x_{k1} \cdot y_{k2})} \quad (2.19)$$

$$y_{01} = 1.458 \text{ мм}$$

$$r_{01} = \sqrt{x_{01}^2 + y_{01}^2} \quad (2.20)$$

$$r_{01} = 7.217 \text{ мм}$$

Похибка заміни профілю інструмента однією дугою

Визначаємо похибку заміни для останньої точки профілю інструмента:

$$P_z = \sqrt{(x_{n_T} - x_{01})^2 + (y_{n_T} - y_{01})^2} - r_{01} \quad (2.21)$$

$$P_z = -0.837 \text{ мм}$$

Розрахуємо допустиму величину похибки заміни профілю частиною кола:

$$P_{dop} = |es_B - ei_B| \cdot 0.3 \quad (2.22)$$

$$P_{dop} = 0.005 \text{ мм}$$

За результатами розрахунків похибка P_z заміни профілю інструмента частиною кола не перевищує допустиме значення P_{dop} .

2.3 Конструктивні параметри фрези

Крок витка зубців

На початковій прямій крок витка зубців вздовж осі фрези визначаємо як:

$$t_n = \frac{2\pi \cdot r_n}{N} \quad (2.23)$$
$$t_n = 14.059 \text{ мм}$$

Товщина зуба

Товщину зуба по початковій прямій для шліцьового валу визначаємо як:

$$S = 2r_n \cdot \left(\frac{\pi}{N} - \text{asin}\left(\frac{B_p}{2r_n}\right) \right) \quad (2.24)$$
$$S = 7.624 \text{ мм}$$

Діаметр посадкового отвору

Визначимо діаметр d_{om} отвору під оправку:

$$d_{om} = 14.2h^{0.37} \quad (2.25)$$
$$d_{om} = 18.351 \text{ мм}$$

Приймаємо за [5, с. 37] $d_{om} = 22 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр фрези

Визначимо діаметр D_ϕ фрези як:

$$D_\phi \approx 3d_{om} \quad (2.26)$$
$$D_\phi = 66 \text{ мм}$$

Кількість зубців фрези

Визначимо кількість зубців черв'ячної фрези виходячи з:

$$Z = \frac{0.2D_f}{h^{0.5} \cdot s^{0.5}} \quad (2.27)$$

Де s - подача, з якою працюватиме фреза.

Приймаємо за [5, с. 38]:

$$s = 0.3 \text{ мм/зуб}$$

Тоді, кількість зубців фрези буде рівна:

$$Z = 17.041$$

Приймаємо за [5, с. 38]:

$$Z = 18$$

Перше затилювання

Визначимо величину першого затилювання як:

$$K = \frac{\pi \cdot D_f}{Z} \cdot \tan \alpha_v \quad (2.28)$$

де α_v - задній кут при вершину зуба.

Приймаємо за [5, с. 38]:

$$\alpha_v = 15^\circ$$

Тоді, величина першого затилювання буде рівна:

$$K = 3.087 \text{ мм}$$

Приймаємо за [5, с. 39]:

$$K = 3.5 \text{ мм}$$

Визначимо дійсне значення заднього кута з урахуванням корекції величини першого затилювання:

$$\alpha_{v_k} = \text{atan}\left(\frac{K \cdot Z}{\pi \cdot D_f}\right) \quad (2.29)$$

$$\alpha_{v_k} = 16.901^\circ$$

Здійснимо перевірку заднього бічного кута:

$$\alpha_b = \text{atan}((\tan \alpha_{v_k}) \cdot (\cos \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0})) \quad (2.30)$$

$$\alpha_b = 3.278^\circ > 3^\circ$$

Задній бічний кут задовольняє умови.

Перевірка умови вірності габаритних розмірів фрези

Визначимо загальну висоту зуба фрези як:

$$h_z = h + 2C + h_4 + r \quad (2.31)$$

де h_4 - глибина канавки для виходу шліфувального круга.

Приймаємо за [5, с. 50]:

$$h_4 = 3 \text{ мм}$$

де r - радіус округлення дна канавки.

Приймаємо за [5, с. 50]:

$$r = 1 \text{ мм}$$

Тоді, загальна висота зуба фрези рівна:

$$h_z = 6.8 \text{ мм}$$

Виконаємо перевірку вірності габаритних розмірів черв'ячної фрези:

$$\frac{D_f - d_{om}}{2} - h_z - K > 0.35d_{om} \quad (2.32)$$

$$11.7 \text{ мм} > 7.7 \text{ мм}$$

Умова виконується.

Друге затилювання

Визначимо величину другого затилювання як:

$$K_1 = 1.4K \quad (2.33)$$

$$K_1 = 4.9 \text{ мм}$$

Округлимо значення величини другого затилювання, тоді:

$$K_1 = 5 \text{ мм}$$

Крок зубців фрези по зовнішньому колу

Визначаємо величину кроку зубців фрези по зовнішньому колу як:

$$t_{kol} = \frac{\pi \cdot D_f}{Z} \quad (2.34)$$

$$t_{kol} = 11.519 \text{ мм}$$

Середній діаметр фрези

Визначимо величину середнього діаметра фрези як:

$$D_t = D_f - h \quad (2.35)$$

$$D_t = 64 \text{ мм}$$

Кут нахилу стружкової канавки

Визначимо величину кута нахилу стружкової канавки як:

$$\omega = \arcsin\left(\frac{t_n}{\pi \cdot D_t}\right) \quad (2.36)$$

$$\omega = 4.139^\circ$$

Крок стружкової канавки

Визначимо величину кроку стружкової канавки для черв'ячної фрези як:

$$H = \frac{\pi \cdot D_t}{\tan \omega} \quad (2.37)$$

$$H = 2692 \text{ мм}$$

Отже, виконавши проектування профілю черв'ячної фрези графічним, графо-аналітичним та аналітичним методами ми отримали профіль інструменту, яким можна обробити шліцьовий вал з попередньо заданими параметрами.

3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦІЛЬНОЇ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВОГО ВАЛУ

3.1 Матеріал заготовки

Для інструменту цільної черв'ячної фрези, що повинна обробляти шліцьовий вал Сталь 40Х ГОСТ 1050-88, використовують інструментальну швидкорізальну сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73.

Деякі фізичні, хімічні, термічні та механічні характеристики вказані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики Р6М5 ГОСТ 19265-73

Код групи матеріалів	02.03.00	Густина	$8100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Границя міцності	$3.2E + 9 - 3.6E + 9$	Зварюваність	Не застосовується
Ванадій (V)	1.7 – 2.1 %	Вольфрам (W)	5.5 – 6.5 %
Кобальт (Co)	0 – 0.5 %	Кремній (Si)	0.2 – 0.5 %
Марганець (Mn)	0.2 – 0.5 %	Мідь (Cu)	0.2 – 0.25 %
Молібден (Mo)	4.8 – 5.3 %	Нікель (Ni)	0 – 0.6 %
Сірка (S)	0 – 0.025 %	Вуглець (C)	0.82 – 0.9 %
Фосфор (P)	0 – 0.03 %	Хром (Cr)	3.8 – 4.4 %
Твердість по Бринелю	255 НВ (відпал)	Твердість по Роквелу	62 – 64 HRC (гартування та відпуск)
Температура кування	850 – 1160 °C	Температурний коефіцієнт лінійного розширення	$0.000107 \frac{1}{^\circ\text{C}}$
Питома теплоємність	$440 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Флокеночутливість	Не чутлива

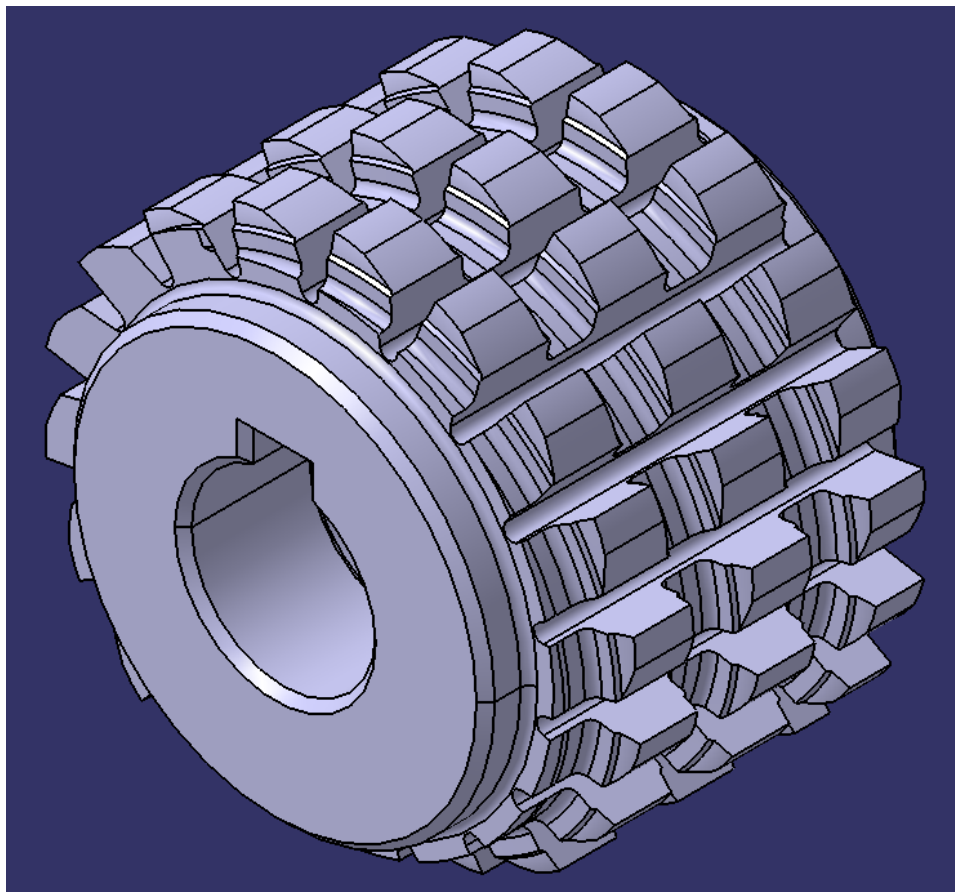


Рисунок 3.1 – 3D модель черв'ячної фрези

3.2 Операції виготовлення

Розглянемо основні операції виготовлення черв'ячної фрези.

3.2.1 Заготівельні операції

Для покращення структури і збільшення стійкості заготовки для фрез піддають трикратній проковці. Кування заготовок із швидкорізальної сталі проводяться в інтервалі температур від 1150-1200 до 950°, причому нагрів ведуть попередньо в підігрівальній камері до 750-800°, а потім в робочій камері до температури 1200°. Після кування виконують ізотермічний відпал: поковки розміщують в залізні ящики з чавунною стружкою, повільно нагрівають до температури 880-900° і витримують на протязі однієї години, потім охолоджують разом з піччю до 730° і витримують на протязі 2-2.5 годин, знову охолоджують разом з піччю до температури 300° і вивантажують на повітря [6].

3.2.2 Протягування отвору

Отвір протягують, щоб підготувати базу для подальшої обробки, а також максимально видалити припуск. Отвір з діаметром 22мм протягують, залишаючи припуск тільки під доводку (без шліфування). Діаметр протяжки для цього отвору на 0.04-0.05мм нижче номінального діаметру отвору. Припуск, рівний 0.04-0.05мм забезпечує можливість виправлення отвору після термічної обробки. Контроль діаметру отвору після протягування проводиться граничними калібрами. В якості мастильно-охолоджувальній рідини при протягуванні використовують сульфозфрезол [6].

3.2.3 Токарні операції

Всі чистові токарні операції виконуються в центрах на насадній оправці з незначним конусом. Таким чином, базою являється протягнутий отвір. Це забезпечує паралельність торців і перпендикулярність їх осі отвору, а також концентричність зовнішньої циліндричної поверхні, поверхні буртів і отвору. Допуск на зовнішній діаметр і діаметр буртів при чистовому обточуванні 0.2мм, загальний припуск на затилювання і шліфування по зовнішньому діаметру в залежності від діаметру фрези 1-2мм, на шліфування буртів 0.6мм. Припуск на шліфування торців 0.2-0.4мм. Допустиме биття зовнішнього діаметру 0.05мм, допустиме биття торця 0.02мм [6].

3.2.4 Протягування шпонкової канавки

Протягування шпонкової канавки виконується шпонковою протяжкою з застосуванням напрямного кондуктора за один або декілька проходів, в залежності від довжини фрези і глибини канавки. При протягуванні за декілька проходів користуються комплектом шпонкових протяжок або підкладками, котрі розміщують в паз напрямного кондуктора. Зняття фасок у шпонкової канавки виконують вручну напилком [6].

3.2.5 Фрезерування витків

Ця операція виконується дисковою різьбовою фрезою на різьбофрезерному верстаті. Обробка ведеться на оправці, на котрій одночасно насаджуються від двох до чотирьох заготовок. На буртах фрез зазвичай наносять риски, щоб при наступній обробці насаджувати їх на оправку в такому ж положенні для забезпечення співпадіння витків. Загальний припуск на товщину зуба для затилування і шліфування після фрезерування 0.5-1мм. Контроль товщини зуба проводиться калібром. Контроль кута профілю виконується шаблоном. Нарізання витків може виконуватись і на токарно-гвинторізному верстаті профільними різцями [6].

3.2.6 Фрезерування канавок

Фрезерування канавок черв'ячних зуборізних фрез виконуються на універсально-фрезерних верстатах з ділильною головкою. Заготовки насаджуються на оправку в такому ж положенні, як і при фрезеруванні витків (по рискам). Фрезерування виконується двухголовою симетричною фрезою, загальний кут якої рівний куту впадини між зубами нарізаємої фрези [6].

3.2.7 Затилування зубів

Ця операція виконується на токарно-затилувальних верстатах. Для зменшення припуску і збільшення продуктивності бажано виконувати попереднє затилування по вершинам зубів фасонною фрезою на тому ж верстаті і при тих же налаштуваннях, що і при фрезеруванні зубців. Затилування зубців розділяються на дві операції – зняття першого затилувального припуску та зняття другого затилувального припуску. Припуск на товщину зуба, що залишається після затилування на шліфування профілю 0.25-0.50мм. Допуск на виготовлення – 0.05мм. Контроль товщини зуба проводять в нормальному перерізі шаблоном або зубоміром [6].

3.2.8 Видалення неповних витків

Видалення неповних витків у торців фрези видаляються на фрезерному верстаті пальцевою фрезою. При цьому слідують наступним правилам:

1. Зуб, що зберігся на $1/3$ і менше товщини основи видаляється повністю.
2. Зуб, що зберігся від $1/3$ до $1/2$ товщини основи зрізається частково з залишком $1/3$ повної висоти зуба.
3. Зуб, що зберігся від $1/2$ до $2/3$ товщини основи зрізається частково з залишком $2/3$ повної висоти зуба.
4. Зуб, що зберігся на більш як $2/3$ товщини основи зрізанню не підлягає [6].

3.2.9 Термічна обробка

Загартування фрез із швидкорізальної сталі виконуються при наступних режимах:

1. Перший попередній підігрів в газовій напівмуфельній пічці до температури $550-600^{\circ}$ з витримкою на протязі 1.5 години.
2. Другий попередній підігрів до температури $800-850^{\circ}$ з витримкою на протязі однієї години.
3. Остаточний нагрів в електросоляній ванні до температури $1250-1260^{\circ}$ з витримкою 5с. на 1мм діаметру [6].

Охолодження проводиться в мастилі з температурою 100° або в гарячих солях. Відпуск трикратний при температурі $550-570^{\circ}$ з витримкою по одній годині. Твердість після відпалу 62-65HRC [6].

3.2.10 Обробка отвору і торців

Практика Свердловського Інструментального заводу показала, що зміна геометричної форми і розмірів отвору з діаметром до 22мм включно невелика і ці отвори після протягування можна тільки доводити (без попереднього шліфування). Відмова від шліфування малих отворів тим більше доцільний,

що шліфування їх важковиконуване через малі розміри шліфувальних кругів. Шліфування торців фрези виконуються на круглошліфувальних або плоскошліфувальних верстатах. Доводка отвору виконується чавунним притиром з шліфувальним порошком. Притир кріпиться на конічній оправці і мають поздовжній розріз для регулювання діаметру шляхом переміщення його вздовж осі оправки. Ця операція виконується на свердлильному або токарному верстатах. Контроль отвору після доводки виконуються граничними калібрами. Поверхня отвору не повинна мати царапин і слідів від протяжки [6].

3.2.11 Заточування зубів

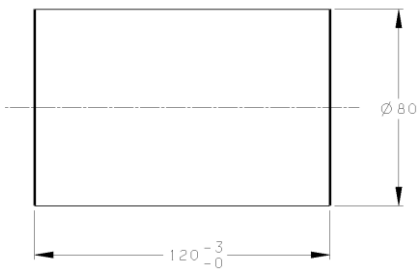
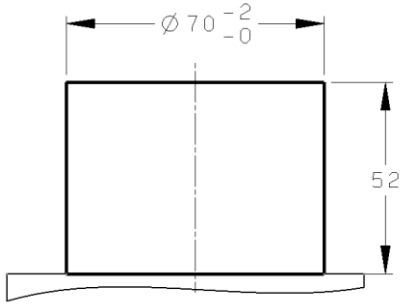
Заточування зубів – одна із основних операції технологічного процесу виготовлення фрези, так як від правильності заточування в значній степені залежить точність при подальших операціях виготовлення самої фрези, а також точність оброблюваних нею деталей. Заточування черв'ячних фрези виконується на спеціальних верстатах. Шліфування профілю черв'ячних фрез виконуються в наступній послідовності:

1. Шліфування буртів для забезпечення концентричності їх з профілем фрези, так як бурти служать базою для установки фрези при експлуатації.
2. Попереднє шліфування вершин зубів для утворення бази при промірах прямолінійності кута профілю шаблонами.
3. Попереднє та остаточне шліфування бічних сторін профілю.
4. Остаточне шліфування вершин зубів, що дає можливість виправлення браку у випадку зменшення товщини зуба.
5. Шліфування заокруглення вершин зубів [6].

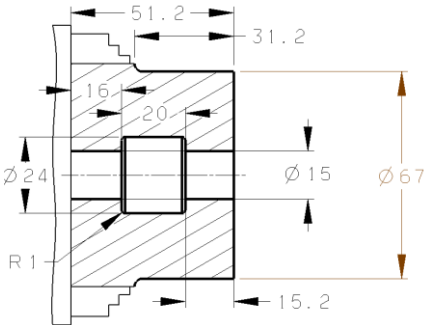
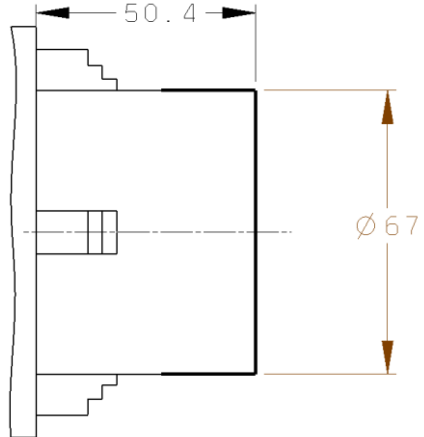
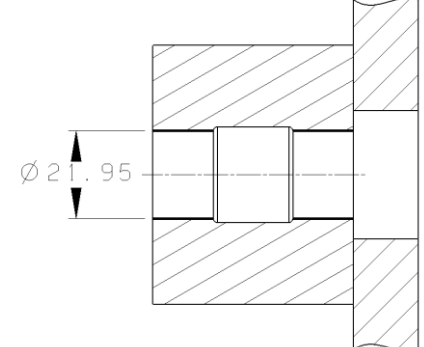
3.3 Маршрутно-операційний процес виготовлення фрези

Зобразимо маршрутно-операційний процес виготовлення черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу в табл. 3.2.

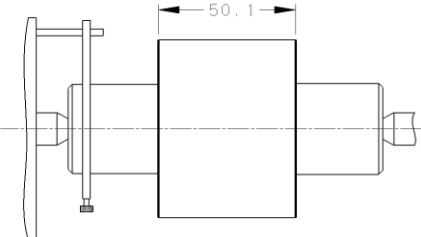
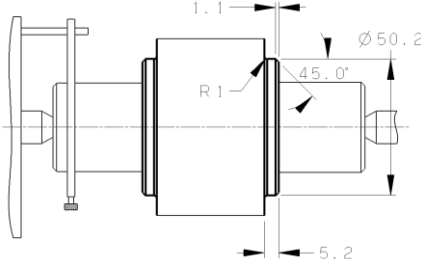
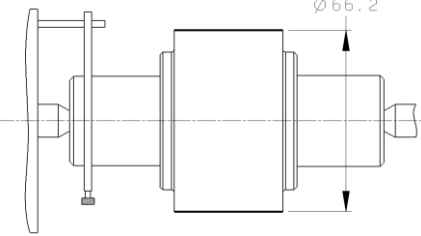
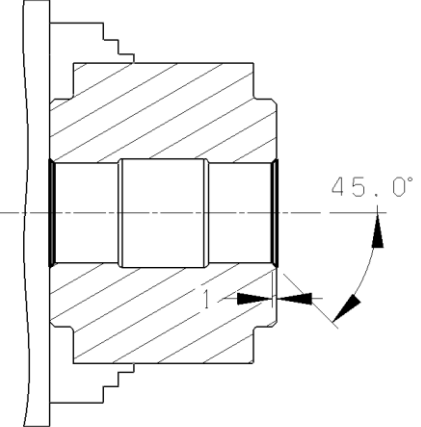
Таблиця 3.2 - Маршрутно-операційний процес виготовлення черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу

№ операції	Назва операції	Ескіз обробки	Верстат	Пристосування	Інструмент	
					Різальний	Вимірний
1	Відрізка заготовки		Відрізний	Самоцентруючий патрон	Різець відрізний	Масштабна лінійка
2	Трикратна проковка		Пневматичний молот	-	-	Масштабна лінійка, кутник
3	Відпал	-	Відпалювальна піч	-	-	-
4	Травлення	-	-	Ванна з соляною кислотою	-	-

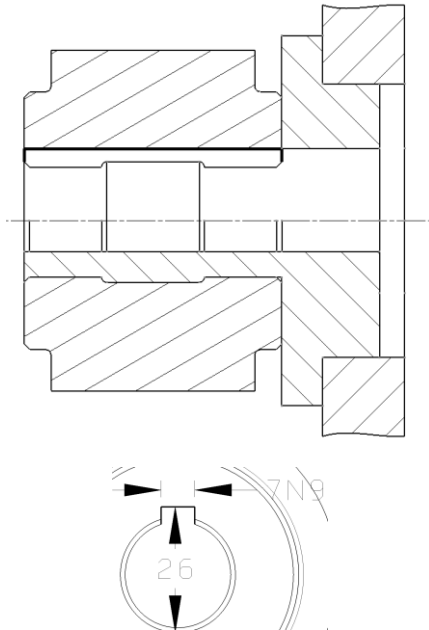
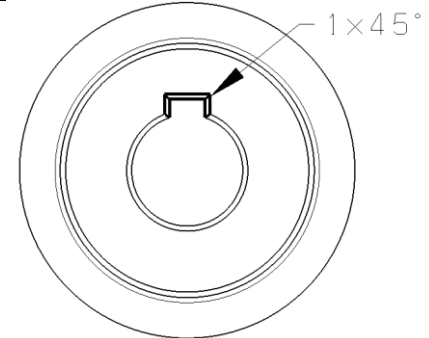
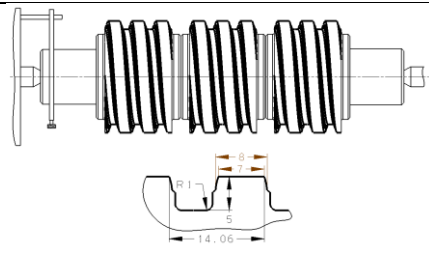
Продовження таблиці 3.2

5	Револьверна обробка з однієї сторони: а) свердлення отвору та попереднє обточування по зовнішньому діаметру з однієї сторони; б) попередня підрізка торці; в) розточування виймки в отворі		Револьверний	Самоцентруючий патрон	Свердло, різець прохідний, різець підрізний, різець розточувальний	Штангенциркуль
6	Револьверна обробка з іншої сторони: а) попередня підрізка іншого торця; б) попереднє обточування зовнішнього діаметру з іншої сторони.		Револьверний	Самоцентруючий патрон	Різець прохідний, різець підрізний	Штангенциркуль
7	Протягування отвору		Протяжний	-	Протяжка циліндрична	Граничний калібр

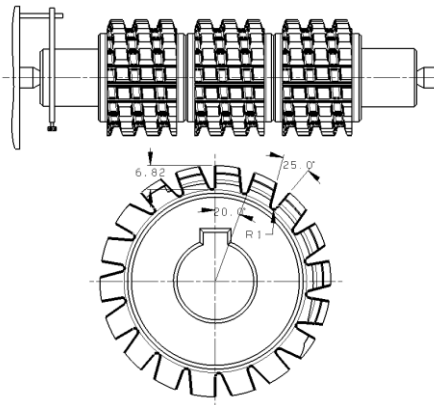
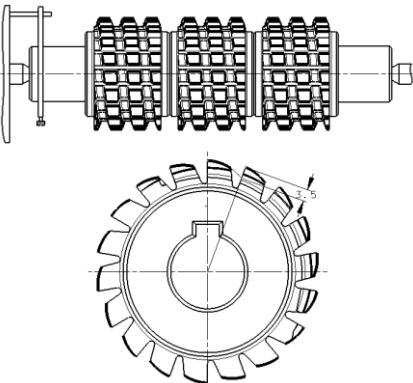
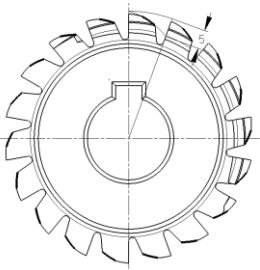
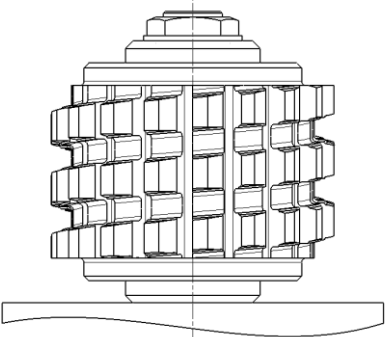
Продовження таблиці 3.2

8	Остаточна підрізка торців з двох сторін		Токарний	Оправка, повідковий патрон, центра, хомутик	Різець підрізний	Штангенциркуль
9	Обточування бортів з двох сторін і зняття фасок		Токарний	Оправка, повідковий патрон, центра, хомутик	Різець лопаточний, різець прохідний	Штангенциркуль, масштабна лінійка
10	Остаточна обробка по зовнішньому діаметру		Токарний	Оправка, повідковий патрон, центра, хомутик	Різець прохідний	Штангенциркуль
11	Зняття фасок у отворах з двох сторін		Токарний	Самоцентрируючий патрон	Різець прохідний	-

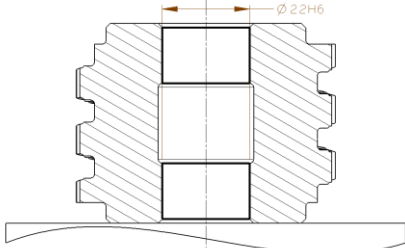
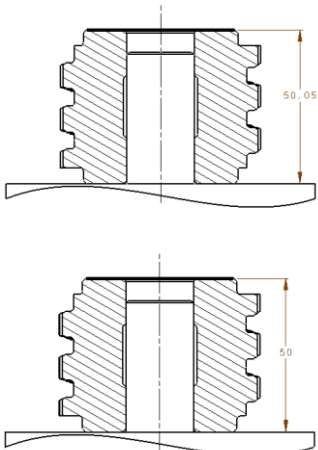
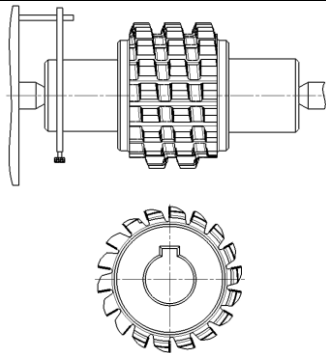
Продовження таблиці 3.2

12	Протягування шпонкової канавки		Протяжний	Кондуктор	Протяжка шпонкова	Шпонковий калібр
13	Зняття фасок у шпонкової канавки		Вручну	-	Напилок	-
14	Фрезерування витків		Різьбофрезерний	Спеціальна оправка, центра	Фреза різбова	Шаблон, зубомір

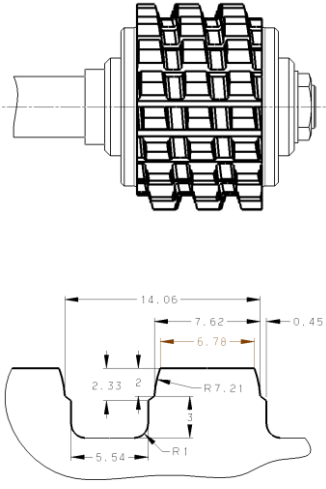
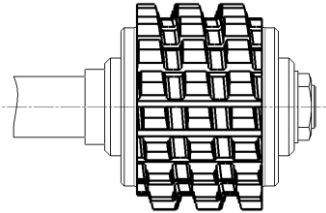
Продовження таблиці 3.2

15	Фрезерування канавок		Універсально-фрезерний	Оправка, ділильна головка, центра, хомутки	Фреза кутова	Шаблон, спеціальний пристрій
16	Затилювання профілю (зняття першого затилювального припуску)		Токарно-затилювальний	Оправка, центра	Різці фасонні	Штангенциркуль, шаблони
17	Затилювання профілю (зняття другого затилювального припуску)					
18	Видалення неповних витків		Вертикально-фрезерний	-	Фреза кінцева	-

Продовження таблиці 3.2

19	Термічна обробка	-	-	-	-	-
20	Очистка піском	-	-	Пікоструминний апарат	-	-
21	Доводка отвору		Свердильний	-	Чавунний притир	Граничний калібр
22	Шліфування торців з двох сторін		Плоскошліфувальний верстат	-	Шліфувальний круг	Штангенциркуль
23	Заточування		Заточувальний спеціальний	Оправка, центра	Шліфувальний круг	Спеціальний пристрій

Продовження таблиці 3.2

24	Шліфування профіля: а) шліфування першого бурта; б) шліфування другого бурта; в) попереднє шліфування вершин зубів; г) попереднє шліфування першої бічної сторони; д) попереднє шліфування другої бічної сторони; е) остаточне шліфування першої бічної сторони; є) остаточне шліфування другої бічної сторони; ж) остаточне шліфування вершин зубів;		Універсальний токарно-затилувальний	Пристосування для шліфування, оправка, центра	Шліфувальний круг	Шаблон, спеціальне пристосування
25	Полірування профілю		-	-	Фетровий круг, паста ГОї	-
26	Хромування	-	-	-	-	-
27	Маркування	-	-	-	-	-

3.4 Розрахунок режимів різання

Визначимо режими різання на 4 переходи з маршрутно-операційного процесу виготовлення черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу. До цих переходів відносяться:

- І - Операція 5 – Попередня обробка зовнішнього діаметру з $\varnothing 70$ мм до $\varnothing 67$ мм на довжину $l = 31.2$ мм.

- II - Операція 5 – Свердління посадкового отвору $\varnothing 15$ мм наскрізь ($l = 51.2$ мм).
- III - Операція 7 – Протягування посадкового отвору з $\varnothing 15$ мм до $\varnothing 21.95$ мм наскрізь.
- IV - Операція 22 – Шліфування лівого торця з 50.1 мм по 50.05 мм.

3.4.1 Режими різання переходу I

На даному переході попередньо обробляється зовнішній діаметр з $\varnothing 70$ мм до $\varnothing 67$ мм на довжину $l = 31.2$ мм. Ескіз переходу зображений на Рисунку 3.2.

Верстат – токарно-револьверний моделі 1К341.

Інструмент – токарний прохідний різець з напайними твердосплавними пластинками Т5К10 ГОСТ 3882-74.

Пристосування для кріплення заготовки – трьохкулачковий самоцентруючий патрон.

Пристосування для кріплення інструменту – різцетримач чотипозиційний.

Глибина різання визначається як:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (3.1)$$

Де, D – діаметр поверхні заготовки на попередній операції, $D = 70$ мм;

d – діаметр поверхні заготовки на виконуваний операції, $d = 67$ мм.

Тоді, глибина різання рівна:

$$t = 1.5 \text{ мм}$$

Подача при зовнішньому чорновому точінні різцями з пластинами із твердого сплаву за [7] табл.11 с.266 при діаметрі деталі $D = 70$ мм та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 глибиною $t = 1.5$ мм - $S_o = 0.9$ мм/об.

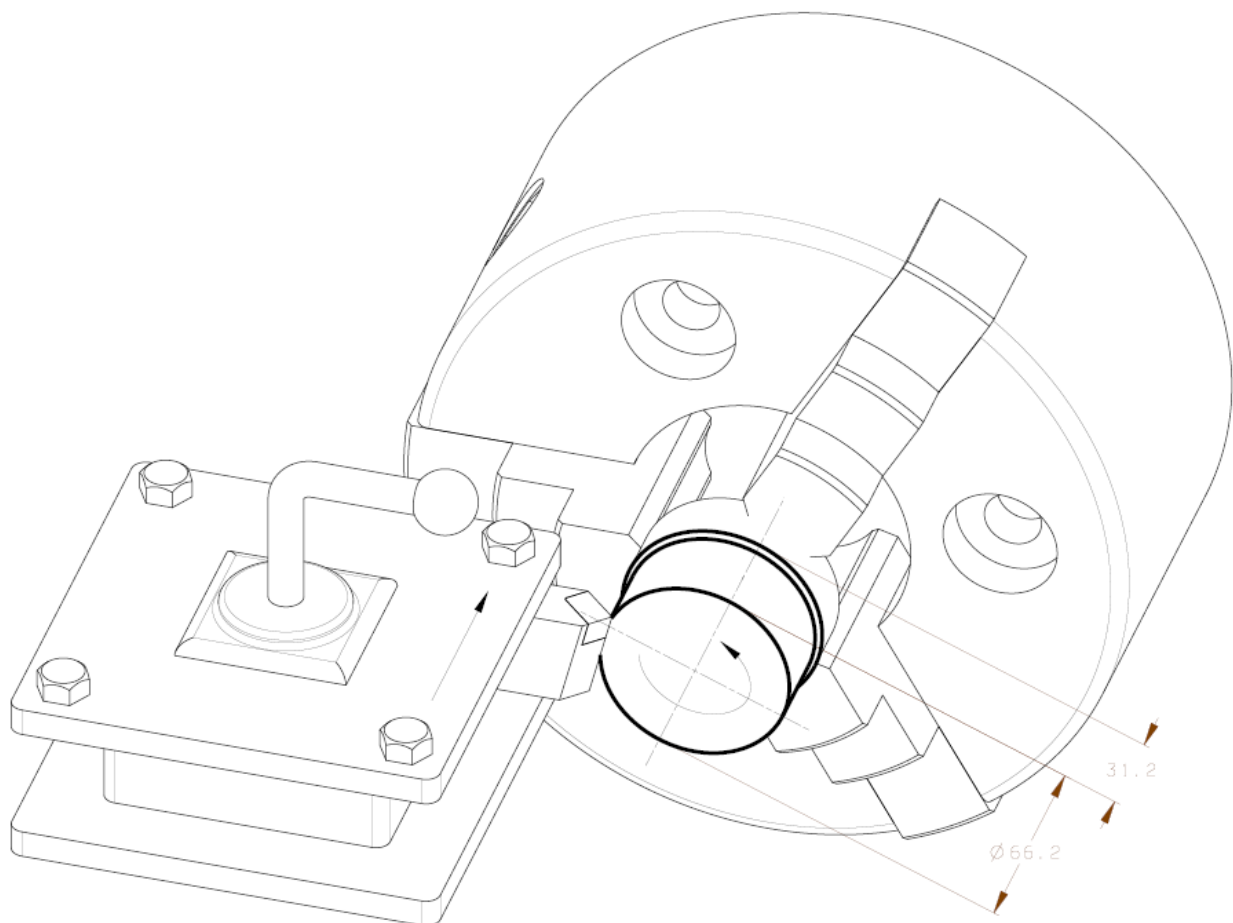


Рисунок 3.2 – Ескіз переходу I

Швидкість різання при зовнішньому точінні визначається як:

$$V = \frac{C_V}{T^{m_t} x S_o^y} K_V \quad (3.2)$$

Де, T – стійкість інструменту;

C_V, m, x, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання;

K_V – поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання.

За рекомендаціями [7] с.268 при одноінструментальній обробці зовнішніх діаметрів різцями $T = 45$ хв.

Коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання при обробці різцями за [7] табл.17 с.269 при поздовжньому точінні прохідними

різцями швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та подачею $S_o = 0.9$ мм/об - $C_V = 340, m = 0.2, x = 0.15, y = 0.45$.

Поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання визначається як:

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} K_\varphi \quad (3.3)$$

Де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_{PV} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_φ - коефіцієнт, що враховує кут в плані різця;

Коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, а саме швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, визначаємо за [7] табл.1 с.261 як:

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (3.4)$$

Де, K_Γ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по обробляємості;

n_V – показник степені;

σ_B – границя міцності при розтязі.

За [8] для швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 - $\sigma_B = 2120$ МПа.

Тоді, коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки рівний:

$$K_{MV} = 0.19$$

За [7] табл.2 с.262 при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 різцем із різальної частини, що виконана із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_\Gamma = 0.7, n_V = 1.25$.

За [7] табл.5 с.263 при стану поверхні заготовки поковка - $K_{PV} = 0.8$.

За [7] табл.5 с.263 при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та марки інструментального матеріалу твердий сплав Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_{IV} = 0.65$.

За [7] табл.18 с.271 при головному куту в плані $\varphi = 45^\circ$ - $K_\varphi = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0.1$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 18.96 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя як:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = 86.22 \text{ об/хв} \quad (3.5)$$

За [9] приймаємо дійсну частоту обертання шпинделя $n = 125 \text{ об/хв}$.

Визначимо дійсну швидкість різання як:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = 27.48 \text{ м/хв} \quad (3.6)$$

Визначимо тангенціальну силу різання за формулою:

$$P_z = 10 C_p t^x S_o^y V^n K_p \quad (3.7)$$

Де, C_p, x, y, n – коефіцієнт та показники степенів при визначенні тангенціальної сили різання;

K_p – поправочний коефіцієнт при визначенні сили різання.

За [7] табл.22 с.273 при зовнішньому поздовжньому точінні швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 різцем із різальної частини, що виконана із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 3882-74 – $C_p = 300, x = 1, y = 0.75, n = -0.15$.

Поправочний коефіцієнт для визначенні сили різання визначається як:

$$K_p = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} = 0.19 \quad (3.8)$$

Де, $K_{MP} = K_{MV} = 0.19$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi P}$ - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані інструменту;

$K_{\gamma P}$ - коефіцієнт, що враховує передній кут інструменту;

$K_{\lambda P}$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза інструменту.

За [7] табл.23 с.275 при головному куті в плані інструмента $\varphi = 45^\circ$ та при обробці твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_{\varphi P} = 1$.

За [7] табл.23 с.275 при передньому куті інструмента $\gamma = 10^\circ$ та при обробці твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_{\gamma P} = 1$.

За [7] табл.23 с.275 при куту нахилу головного леза інструменту $\lambda = 0^\circ$
- $K_{\lambda P} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні тангенціальної сили різання рівний:

$$K_P = 0.19$$

Тоді, тангенціальна сила різання буде рівна:

$$P_z = 480.69 \text{ Н}$$

Визначимо основний час обробки як:

$$T_o = \frac{Li}{nS_o} \quad (3.9)$$

Де, L – загальна довжина робочого ходу різця;

i – кількість робочих ходів.

Загальна довжина робочого ходу визначається як:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 \quad (3.10)$$

Де, l – довжина оброблюваної поверхні - $l = 31.2$ мм;

l_1 – довжина шляху врізання;

l_2 – величина перебігу різця;

l_3 – величина шляху для зняття пробних стружок або для замірів деталі.

Довжина шляху врізання визначається як:

$$l_1 = t \cot \varphi + 1 \quad (3.11)$$

За [10] с.17 величина перебігу різця $l_2 = 2$ мм.

За [10] с.17 величина шляху для зняття пробних стружок або для замірів деталі при налаштованих верстатах - $l_3 = 0$.

Тоді, довжина шляху врізання рівна:

$$l_1 = 2.5 \text{ мм}$$

Тоді, загальна довжина робочого ходу рівна:

$$L = 35.7 \text{ мм}$$

Кількість робочих ходів приймаємо $i = 1$, оскільки даний припуск можна зняти за один прохід.

Отже, основний час обробки рівний:

$$T_o = 0.32 \text{ хв}$$

3.4.2 Режими різання переходу II

На даному переході свердлиться центровий отвір $\varnothing 15$ мм наскрізь $l = 51.2$ мм. Ескіз переходу зображений на Рисунку 3.3.

Верстат – токарно-револьверний моделі 1К341.

Інструмент – свердло твердосплавне спіральне з конічним хвостовиком.

Пристосування для кріплення заготовки – трьохкулачковий самоцентруючий патрон.

Пристосування для кріплення інструменту – револьверна головка.

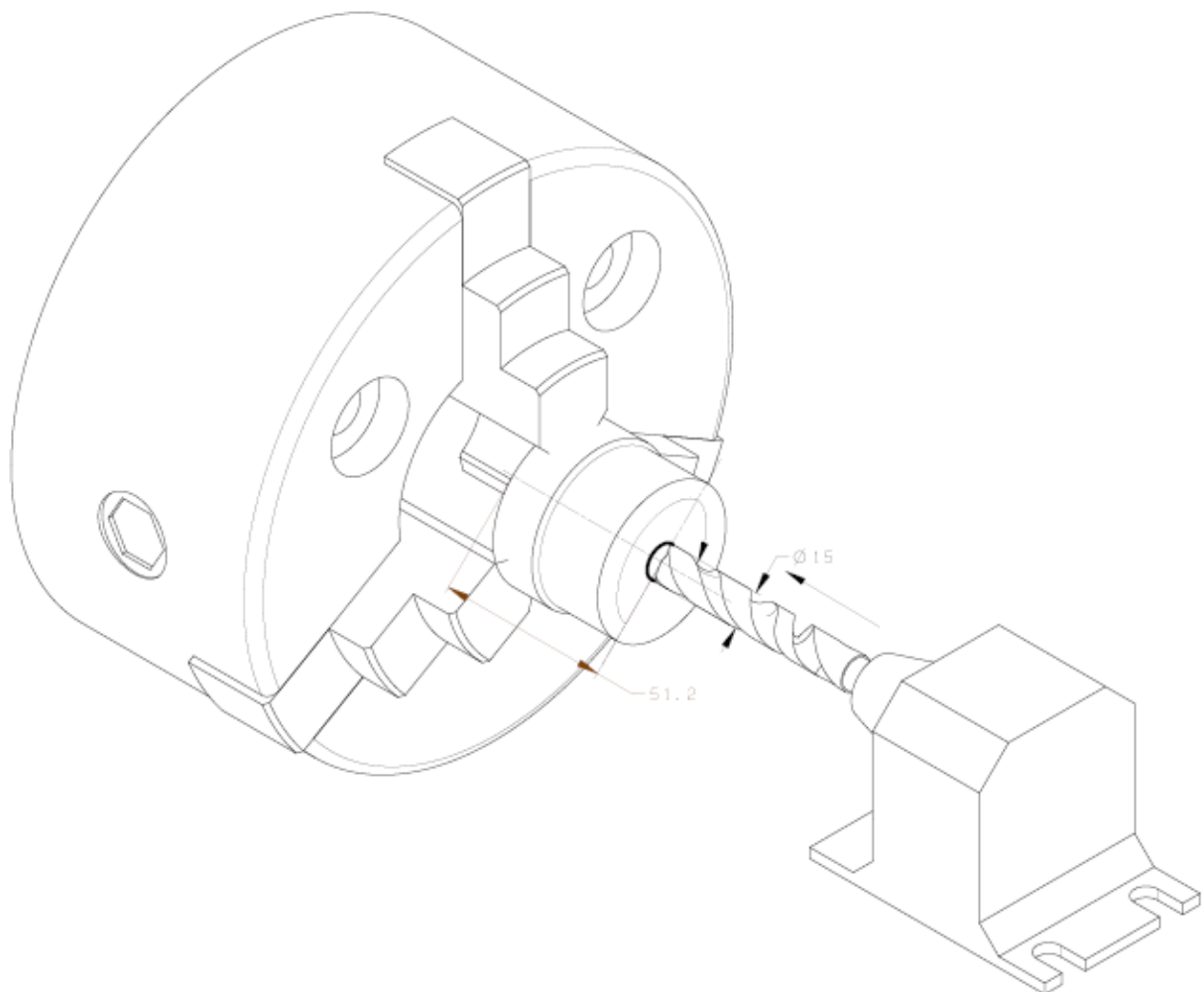


Рисунок 3.3 – Ескіз переходу II

Визначимо глибину різання при свердлінні як:

$$t = 0.5D = 7.5 \text{ мм} \quad (3.12)$$

Де, D – діаметр отвору - 15 мм.

Подача за [7] табл.25 с.277 при діаметрі свердла $D = 15$ мм та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 з НВ 255 - $S_o = 0.2$ мм/об. За рекомендаціями [7] табл.25 с.277 при відношенні довжини обробки до діаметра $l \leq 5D = 51.2 < 75$ поправочний коефіцієнт рівний $K_{IS} = 0.9$. При використанні твердосплавних свердл поправочний коефіцієнт $K_{IS} = 0.5$. Отже, подача буде рівна $S_o = S_o K_{IS} K_{IS} = 0.09$ мм/об.

Швидкість різання визначається як:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S_o^y} K_V \quad (3.13)$$

Де, C_V, q, m, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання;

D – діаметр отвору;

T – період стійкості свердла;

K_V – поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання.

Період стійкості інструменту за [7] табл.30 с.279 при діаметрі свердла $D = 15$ мм та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та матеріалом різальної частини інструменту твердий сплав - $T = 20$ хв.

За [7] табл.30 с.279 при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, матеріалом різальної частини інструменту твердий сплав та подачі $S_o = 0.09$ мм/об - $C_V = 34.2, q = 0.45, m = 0.2, y = 0.3$.

Поправочний коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV} \quad (3.14)$$

Де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки за (3.4) - $K_{MV} = 0.19$.

Коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту за вищерозглянутими даними $K_{IV} = 0.65$.

За [7] табл.31 с.280 при відношенні глибини отвору до діаметру $l \approx 4D$ - $K_{IV} = 0.85$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0.1$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 13.08 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за (3.5):

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = 277.71 \text{ об/хв}$$

За [9] приймаємо дійсну частоту обертання шпинделя $n = 300 \text{ об/хв}$.

Визначимо дійсну швидкість різання за (3.6):

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = 13.95 \text{ м/хв}$$

Визначимо значення осьової сили різання як:

$$P_o = 10C_P D^q S_o^y K_P \quad (3.15)$$

Де, C_P, q, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення осьової сили; $K_P = K_{MP} = 0.19$ – поправочний коефіцієнт визначення осьової сили різання.

За [7] табл.32 с.281 при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, матеріалом різальної частини інструменту твердий сплав - $C_P = 68, q = 1, y = 0.7$.

Тоді, осьова сила різання рівна:

$$P_o = 359.19 \text{ Н}$$

Визначимо основний час свердління отвору за (3.9):

$$T_o = \frac{Li}{nS_o}$$

Де, L – загальна довжина робочого ходу різця;

i – кількість робочих ходів.

Загальна довжина робочого ходу визначається як:

$$L = l + y \quad (3.16)$$

Де, l – довжина оброблюваної поверхні - $l = 51.2$ мм;

y – величина врізання свердла.

Величина врізання визначається як:

$$y = \frac{d}{2} \cot \frac{\varphi}{2} \quad (3.17)$$

Де, φ – головний кут в плані свердла - $\varphi = 59^\circ$.

Тоді, величина врізання рівна:

$$y = 4.51 \text{ мм}$$

Тоді, загальна довжина робочого ходу рівна:

$$L = 55.71 \text{ мм}$$

Кількість робочих ходів приймаємо $i = 1$, оскільки даний припуск можна зняти за один прохід.

Отже, основний час обробки при свердлінні отвору рівний:

$$T_o = 2.06 \text{ хв}$$

3.4.3 Режими різання переходу III

На даному переході протягується посадковий отвір з $\varnothing 15$ мм до $\varnothing 21.95$ мм наскрізь. Ескіз переходу зображений на Рисунку 3.4.

Верстат – протягувальний моделі 7Б57.

Інструмент – протяжка циліндрична.

Пристосування для кріплення заготовки – самоцентруючий патрон.

Пристосування для кріплення інструменту – протяжка кріпиться в верстаті.

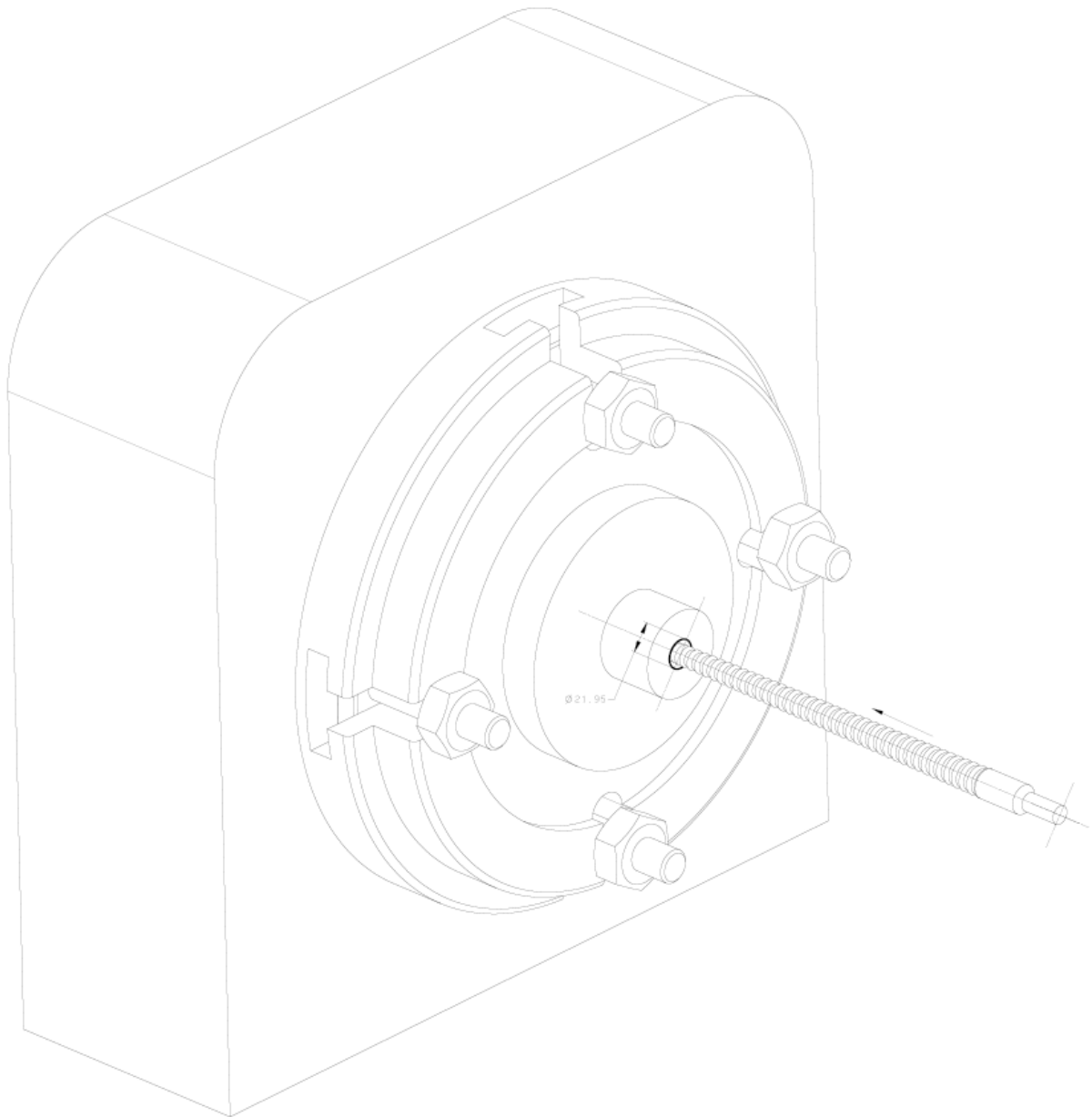


Рисунок 3.4 – Ескіз переходу III

Визначимо найбільшу сумарну довжину лез всіх одночасно ріжучих зубів як:

$$\sum B = \frac{B z_l}{z_c} \quad (3.18)$$

Де, B – периметр різання;

z_c – число зубів в секції. Оскільки схема різання – профільно, тому за [7] с.299 $z_c = 1$;

z_l – найбільше число одночасно різальних зубів.

Тоді, сумарна довжина лез всіх одночасно різальних зубів рівна:

$$\sum B = 8.35 \text{ мм}$$

Периметр різання рівний довжині оброблюваного контуру заготовки, а саме $B = 50.1 \text{ мм}$.

Найбільше число одночасно різальних зубів визначається як:

$$z_l = l/t \quad (3.19)$$

Де, l – довжина оброблюваної поверхні - $l = 50.1 \text{ мм}$;

t – крок різальних зубців. Згідно інструменту, $t = 8 \text{ мм}$.

Тоді, найбільше число одночасно різальних зубів рівне:

$$z_l \approx 6$$

Подача при протягуванні являється розмірним перепадом між сусідніми різальними зубцями протяжки та являється елементом протяжки - $S_z = 0.05 \text{ мм/зуб}$.

За [7] табл.53 с.299 при твердості швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 з НВ 255, що обробляється, група швидкості різання при протягуванні – І.

За [7] табл.52 с.299 при групі швидкості різання І при застосуванні циліндричних протяжок - $V = 6 \text{ м/хв}$.

За [7] табл.54 с.300 при подачі на зуб $S_z = 0.05 \text{ мм/зуб}$ та обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 з НВ 255, сила різання, що приходить на 1 мм довжини леза зуба протяжки - $P = 282 \text{ Н}$.

Визначимо силу різання при протягуванні як:

$$P_z = P \sum B = 2354.7 \text{ Н} \quad (3.20)$$

Основний технологічний час при протягуванні визначається як:

$$T_o = \frac{l_{p.x.} K}{1000 V N} \quad (3.21)$$

Де, $l_{p.x.}$ – довжина робочого ходу протяжки;

K – коефіцієнт, що враховує зворотній хід протяжки.

Коефіцієнт, що враховує зворотній хід протяжки за [11] приймаємо $K = 1.5$.

N – кількість одночасно обробляємих деталей. Згідно маршрутно-операційного процесу виготовлення черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу - $N = 1$.

Довжина робочого ходу визначається як:

$$l_{\text{р.х.}} = l_{\text{п}} + l + l_{\text{доп}} \quad (3.22)$$

Де, l – довжина протягувальної поверхні - $l = 50.1$ мм;

$l_{\text{доп}}$ – сума довжин перебігу на вхід і вихід протяжки;

$l_{\text{п}}$ – довжина протяжки до 1-го зуба - $l_{\text{п}} = 75$ мм.

Сума довжин перебігу на вхід і вихід протяжки за [11] зазвичай приймають 30...50 мм. Приймаємо для нашої операції $l_{\text{доп}} = 50$ мм.

Тоді, довжина робочого ходу рівна:

$$l_{\text{р.х.}} = 175.1 \text{ мм}$$

Отже, основний час обробки при протягуванні рівний:

$$T_o = 0.26 \text{ хв}$$

3.4.4 Режими різання переходу IV

На даному переході шліфується лівий торець до $l = 50.05$ мм. Ескіз переходу зображений на Рисунку 3.5.

Верстат – плоско-шліфувальний моделі 3Б722.

Інструмент – ПП 300х32х32 25А 40 С1 6 К 35 А 3.

Пристосування для кріплення заготовки – магнітна плита верстату.

Пристосування для кріплення інструменту – вмонтований в верстат.

Під розрахунком режимів різання при шліфуванні розуміють визначення ефективної потужності та порівняння її з допустимою потужністю верстата.

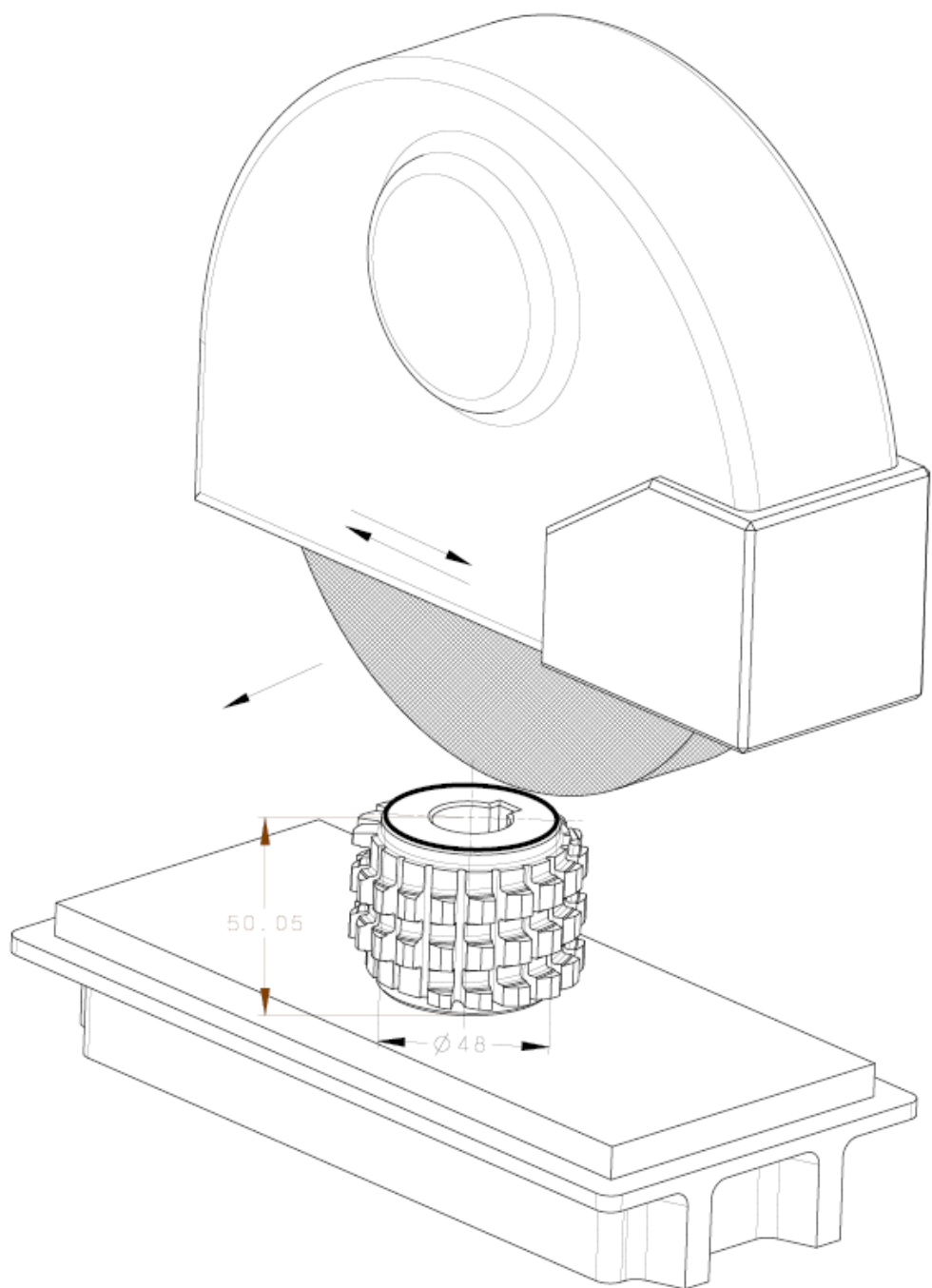


Рисунок 3.5 – Ескіз переходу IV

Ефективна потужність для плоского шліфування визначається як:

$$N = C_N V_3^r t^x S^y d^q = 2.36 \text{ кВт} \quad (3.23)$$

Де, C_N, r, x, y, q – коефіцієнта та показники степенів при визначенні ефективної потужності різання;

V_3 – швидкість поступального руху заготовки;

t – припуск на шліфування – згідно маршрутно-операційного процесу виготовлення черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу $t = 0.05$ мм;

S – поздовжня подача;

d – діаметр шліфування - згідно маршрутно-операційного процесу виготовлення черв'ячної фрези для обробки шліцьового валу $d = 48$ мм.

За [7] табл.55 с.302 при плоскому шліфуванні периферією круга та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 на верстатах з прямокутним столом та при остаточному шліфуванні – швидкість круга $V_K = 35$ м/с, швидкість заготовки $V_3 = 20$ м/хв, глибина шліфування $t = 0.01$ мм, поздовжня подача $S = 0.5B = 16$ мм/хід столу, де $B = 32$ мм – товщина шліфувального круга.

За [7] табл.56 с.303 при плоскому шліфуванні периферією круга з прямокутним столом, зернистості шліфувального круга 40 – $C_N = 0.53$, $r = 0.85, x = 0.65, y = 0.7, q = 0$.

Отже, ефективна потужність при шліфуванні рівна:

$$N = 2.36 \text{ кВт}$$

За [12] потужність електродвигуна $N_{дв} = 3.7$ кВт. Отже, максимальна потужність обробки повинна бути менше $N_e = 0.75N_{дв} = 2.78$ кВт.

Отже, дану операцію плоского шліфування торця можливо виконати на плоско-шліфувальному верстаті 3Б722.

Основний час обробки при плоскому шліфуванні визначається як:

$$T_o = \frac{\pi D_{cp} t B_d}{1000 V_3 S K_{st} K_l} \quad (3.24)$$

Де, D_{cp} – середній діаметр робочої зони стола - $D_{cp} = 48$ мм;

K_{st} – поправочний коефіцієнт на подачу на глибину в залежності від припуску;

K_l – поправочний коефіцієнт, що враховує твердість шліфувального круга.

За рекомендаціями [13] для шліфувального круга твердістю C1 – $K_l = 0.85$.

За [13] при припуску на шліфування $t = 0.05$ мм - $K_{st} = 0.15$.

Отже, основний час обробки при шліфуванні торця рівний:

$$T_o = 0.29 \text{ хв}$$

4 РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ШЛІФУВАННЯ ОТВОРУ

Посадковий отвір насадних різальних інструментів відіграє одну із ключових ролей при використанні таких інструментів.

Від точності виготовлення цих отворів залежать:

1. Точність виготовлення деталей, які обробляються даними інструментами;
2. Сили різання, які виникають під час обробки;
3. Вібрації, які виникають під час обробки;
4. Рівномірний розподіл припусків профілю.

4.1 Цанговий патрон для шліфування отворів

Пристосування зображене на рис. 4.1.

Цанговий патрон для шліфування отворів у черв'ячних фрезах складається з корпусу 1, котрий встановлюється на конічний передній кінець шпинделя верстата і кріпиться гвинтами 4 до фланця шпинделя і цанги 2.

Для попередження перекосу довжин посадкового отвору в цанзі приймається рівний 0.75 – 0.8 довжини робочої частини фрези. Цанга обмежується від повороту гвинтом 3. Патрон виготовляється з допустимим биттям посадкового отвору 0.02 мм.

Привід патрону – ручний, розташований на іншому кінці шпинделя. Також є можливість використовувати пневматичні привода.

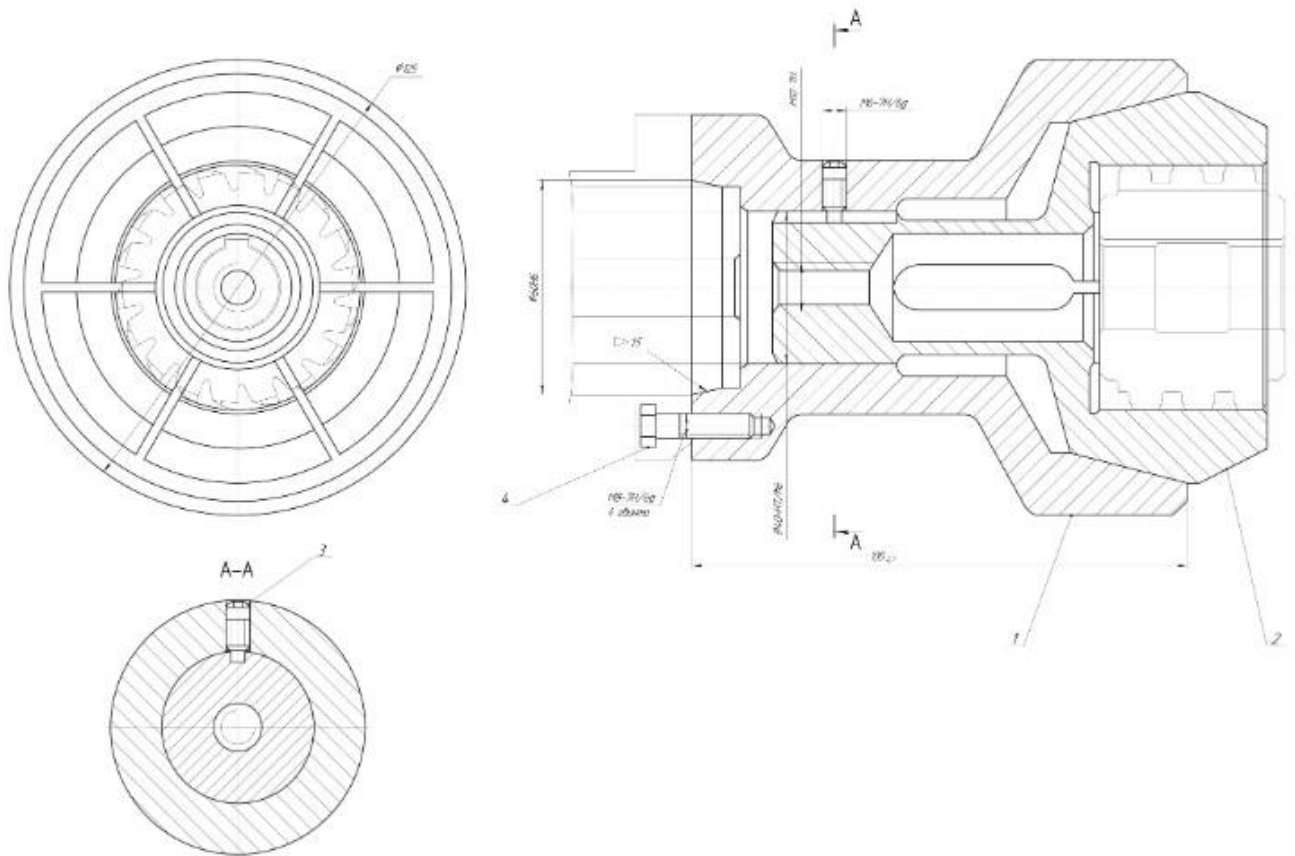


Рисунок 4.1 – Цанговий патрон

4.2 Визначення похибки базування

Згідно конструкції пристосування виконаємо схему базування заготовки. Схема зображена на рис. 4.2.

Схема базування в даному випадку неповна. Пристосування позбавляє заготовку п'яти рухам.

Зовнішня поверхня заготовки являється подвійною направляючою. Дана поверхня позбавляє заготовку чотирьом рухам – двом поздовжнім та двом обертальним.

Лівий торець заготовки являється опорною базою. Ця поверхня позбавляє заготовку одного руху – поздовжнього.

Оскільки схема базування неповна, та дана заготовка може обертатись навколо своєї осі. Але, оскільки конструкція пристосування забезпечує поворот

заготовки навколо своєї осі, тому необхідно забезпечити заготовку від непервертання в пристосуванні.

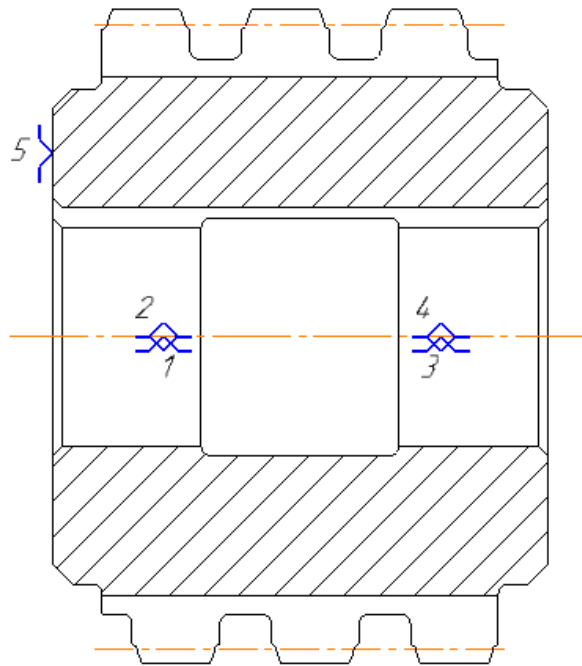


Рисунок 4.2 – Схема базування

Оскільки цанговий патрон є самоцентруючим пристосуванням, тому похибка базування в такому пристосуванні зовнішнім діаметром буде рівна нулю.

$$\varepsilon_6 = 0$$

4.3 Визначення зусилля затиску

Визначимо зусилля затиску при внутрішньому шліфуванні отвору начисто. Дана операція виконується на внутрішньошліфувальному верстаті моделі 3А228. Різальним інструментом є шліфувальний круг ПВ 15х20х5 5А 40 СМ2 6 К 35 А 2.

Ефективна потужність для внутрішнього шліфування визначається:

$$N = C_N V_3^r t^x S^y d^q \quad (4.1)$$

Де, C_N, r, x, y, q – коефіцієнта та показники степенів при визначенні ефективної потужності різання;

V_3 – швидкість руху заготовки;

t – глибина шліфування;

S – поздовжня подача;

d – діаметр шліфування;

B – товщина круга.

Згідно кресленню деталі, діаметр внутрішнього шліфування $d = 22$ мм, товщина круга $B = 20$ мм.

За [7] табл.55 с.302 при внутрішньому шліфуванні периферією круга та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 на напівавтоматичних верстатах при остаточному шліфуванні – швидкість круга $V_K = 35$ м/с, швидкість заготовки $V_3 = 30$ м/хв, глибина шліфування $t = 0.1$ мм, поздовжня подача $S = 0,03$ мм/об. За [7] табл.56 с.303 при внутрішньому шліфуванні периферією круга, зернистості шліфувального круга 40 - $C_N = 0.4, r = 0.25, x = 0.45, y = 0.41, q = 0.23$.

Отже, ефективна потужність рівна

$$N = 0.76 \text{ кВт}$$

Сила різання, що виникає при шліфуванні отвору рівна:

$$P_z = C_p V_3^{0.7} S^{0.7} t^{0.6} \quad (4.2)$$

Де, C_p – коефіцієнт, що залежить від властивості матеріалу деталі

За [13] при обробці загартованої сталі - $C_p = 2.2$.

Тоді, сила різання буде рівна:

$$P_z = 0.51 \text{ Кн}$$

Зусилля затиску заготовки рівний:

$$Q = \frac{kP_z}{f_1 + f_2} \quad (4.3)$$

Де, k – коефіцієнт запасу сил затиску. Визначається як:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 \quad (4.4)$$

Де, k_0 – гарантований коефіцієнт запасу міцності. За [14] - $k_0 = 1.5$.

k_1 – коефіцієнт враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки. При чистовій обробці за [14] - $k_1 = 1$.

k_2 - коефіцієнт враховує збільшення сили різання при зношуванні інструменту. За [14] т.1 при шліфуванні: $k_2 = 1.2$.

k_3 - коефіцієнт враховує збільшення сили різання при переривистому різанні. При обробці без ударів за [14] - $k_3 = 1$.

k_4 – коефіцієнт враховує постійність сил затиску. Для ручних затискних пристосувань за [14] - $k_4 = 1.3$.

k_5 – коефіцієнт враховує зручність розташування рукояток в ручних затискних пристосуваннях. При зручному розташуванні за [14] - $k_5 = 1$.

k_6 – коефіцієнт враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку. При можливості повороту заготовки за [14] - $k_6 = 1.5$.

f_1 – коефіцієнт тертя між заготовкою та установчими елементами. При установці сталюї заготовки на сталюї опорні елементи: $f_1 = 0.6$.

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою та затискними елементами. При затиску сталюї заготовки сталюими елементами: $f_2 = 0.6$.

Отже, коефіцієнт запасу сил затиску рівний:

$$k = 3.51$$

Тоді, необхідна сила затиску при шліфуванні отвору буде рівна:

$$Q = 1.49 \text{ кН}$$

Пристосування з таким зусиллям затиску забезпечує прокручування та зміщення заготовки при шліфуванні в ній отвору начисто.

5 ПОНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ

Можливість виконувати поновлення працездатності цільного інструменту – одна із вимог його виготовлення. Оскільки це забезпечує економію при його використанні в процесі роботи.

Переточування черв'ячних насадних фрез проводять на кінцевих або центрових оправках. Центрові оправки забезпечують більш високу точність обертання фрези і можуть бути рекомендовані при заточуванні фрез високої степені точності, але при загальній масі фрези з оправкою не більше 30 кг. При переточуванні фрез на кінцевих оправках на верстатах з горизонтальним розташуванням фрези інший кінець оправки підтримують центром задньої бабки [12].

Заточування черв'ячних фрез проводиться конічною поверхнею шліфувального круга типу ЧП з кутом профілю, який перевищує 15° . Твірна робочої конічної поверхні круга розташовується по радіусу оправки фрези. Установка проводиться за допомогою шаблону.

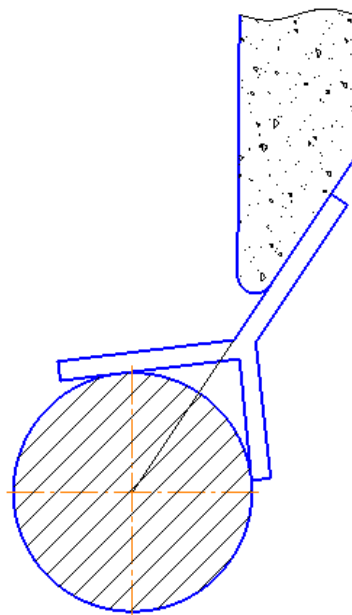
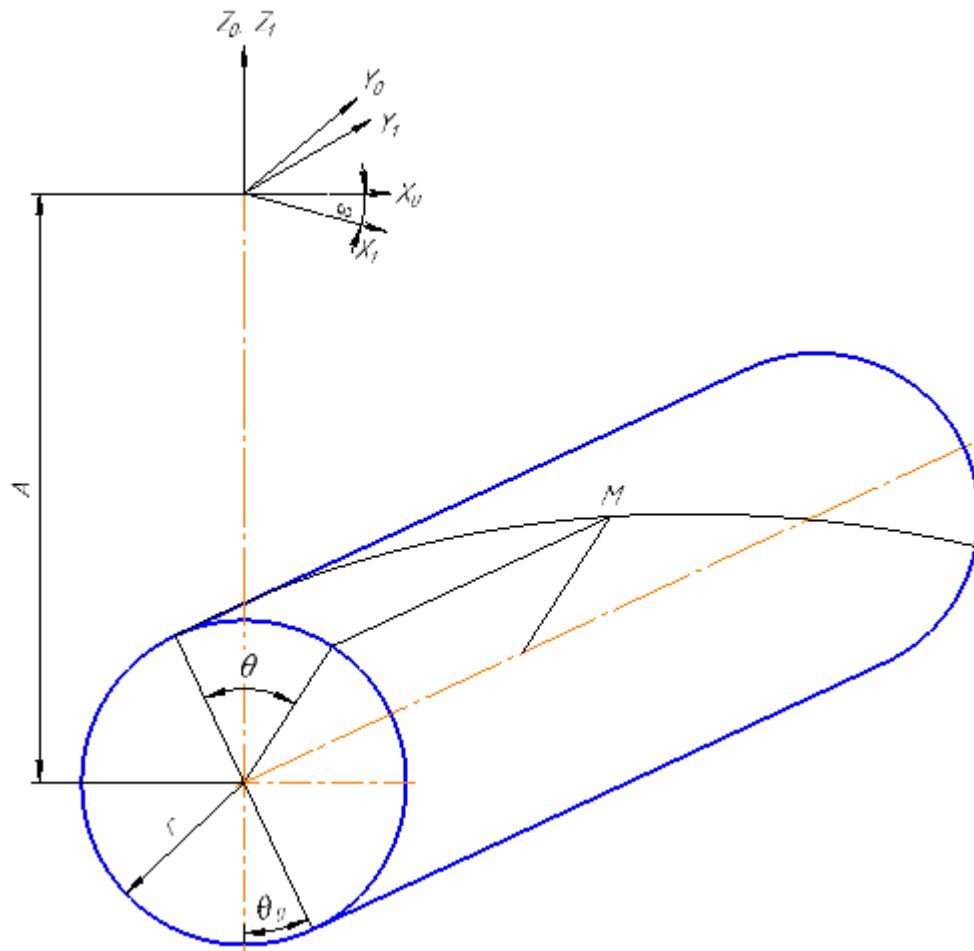


Рисунок 5.1 – Встановлення кола по шаблону

ти відносно малі за діаметром шліфувальні круги з великими кутами профілю



79

Радіусі Q_i шліфувального круга в перерізах, що перпендикулярні до його осі при різних значеннях X_1 , розраховуються за формулою:

$$Q_i = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} \quad (5.1)$$

Величини радіусів шліфувального круга в площинах, перпендикулярних до його осі, визначають профіль шліфувального круга, спряженого з гвинтовою передньою поверхнею черв'ячної фрези.

Одним із способів поновлення працездатності черв'ячних фрез є здійснення їх на універсально-заточувальних верстатах.

Заточування та переточування черв'ячних фрез на універсально-заточувальних верстатах здійснюється в спеціальному пристосуванні (рис. 5.2). Гвинтовий рух фрези в ньому створюється кінематично – завдяки поступальному руху стола перетворюється в обертальний рух фрези за допомогою рейкової передачі. Крок гвинтових канавок налаштовують шляхом повороту копірної синусної лінійки на кут A .

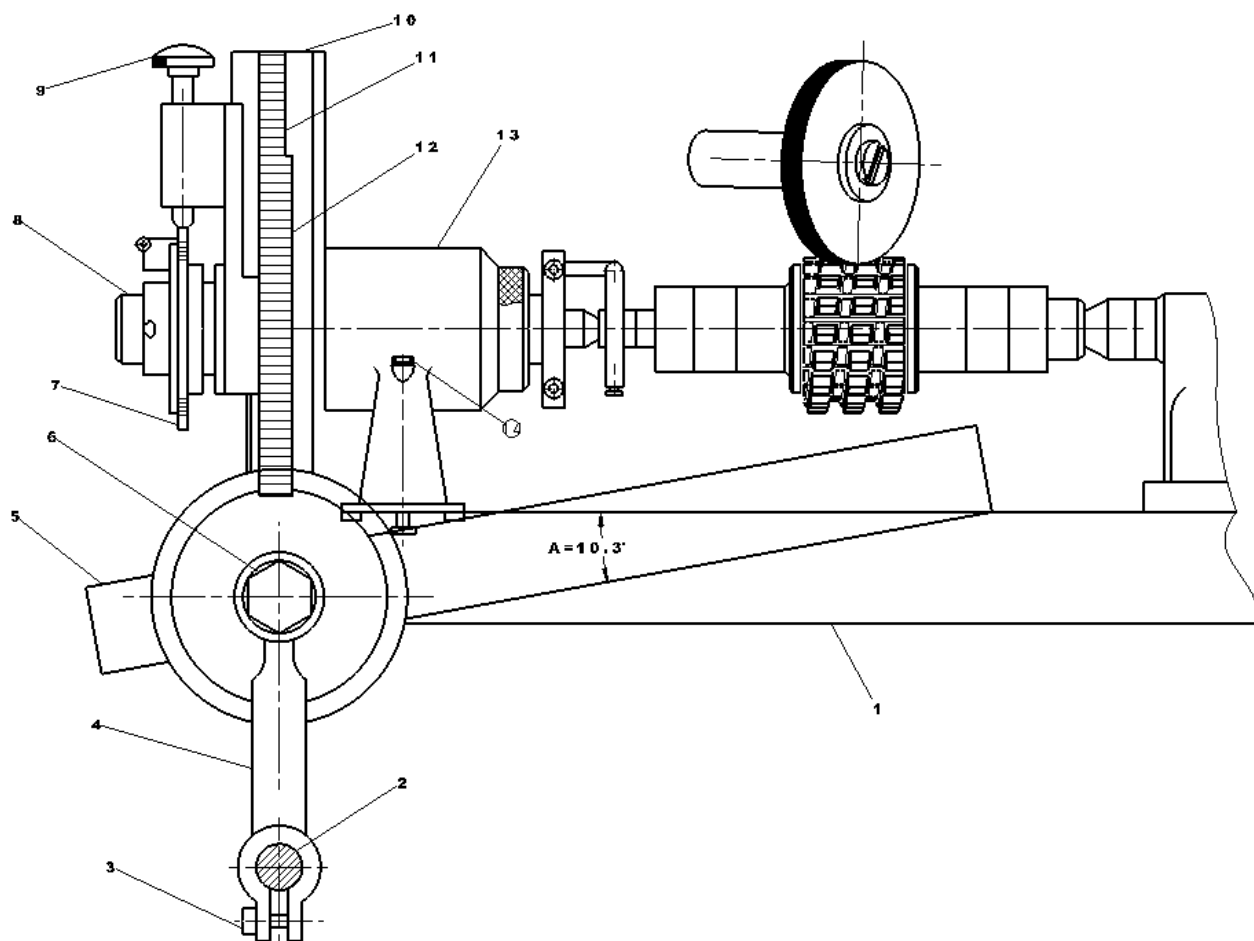


Рисунок 5.2 – Схема пристосування для переточування черв'ячних фрез на універсально-заточувальному верстаті

Основою даного пристосування є закріплена на столі 1 універсально-заточувального верстата болтом 14 шпindelна бабка 13. На шпинделі 8 закріплена шестерня 12. До корпусу шпиндельної бабки кріпиться кронштейн 10, по пазу якого переміщується в вертикальному напрямку повзун з зубчатою рейкою 11, що зачеплений з шестернею 12. В повзуні встановлений палець з сухарем, що входить в паз копірної синусної лінійки 5, котра закріплена на кронштейні 4. Кронштейн 4 кріпиться гвинтом 3 на валу 2 позовжньої подачі столу верстата (перед цим ручка знімається з валу). Лінійку 5 встановлюють на потрібний кут A і закріплюють гайкою 6.

Ділильний диск 7 і фіксатор 9 призначені для встановлення пристосування на задану кількість зубів фрези і фіксування встановлюваного положення. На іншому кінці шпинделя в наявності хомут для передачі обертання фрезі, що переточується.

Кут повороту синусної лінійки визначається в залежності від кроку гвинтової канавки фрези:

$$\tan A = \frac{489.84}{H} \quad (5.2)$$

Де, H – крок гвинтової канавки фрези.

За попередніми розділами, при проектуванні черв'ячної фрези для обробки шліцьових валів рівний $H = 2692$ мм.

Тоді, тангенс кута повороту синусної лінійки рівний:

$$\tan A = 0.1819$$

Отже, кут повороту рівний:

$$A = 10.3^\circ$$

Отже, при повороту синусної лінійки на даний кут при використанні вище зображеного пристосування можливо забезпечити точне переточування інструменту на універсально-заточувальному верстаті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

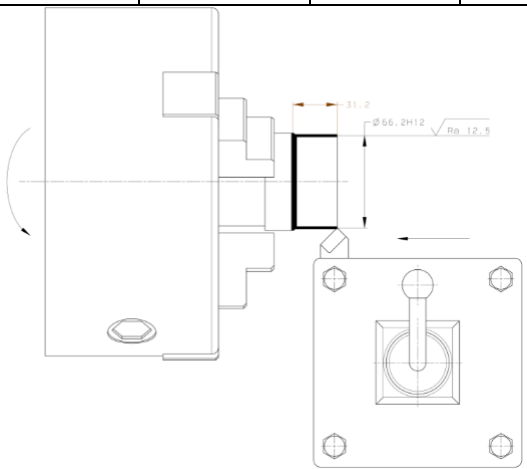
1. Шліц [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BB%D1%96%D1%86%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0>.
2. Шліцьове з'єднання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BB%D1%96%D1%86%D1%8C%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D0%B7%27%D1%94%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.
3. Шліцьові (зубчасті) з'єднання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://helpiks.org/5-57128.html>.
4. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studopedia.su/13_40597_metodi-polucheniya-shlitsevih-poverhnostey.html.
5. Методичні вказівки з дисципліни «Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва». Фрези черв'ячні для деталей прямобічного профілю. / Уклад.: В.І. Солодкий. – 2010. – 64с.
6. Шлеймович М. А. Технология изготовления зуборезного инструмента / М. А. Шлеймович, Э. С. Померанец. – Москва, Свердловск, 1948. – (Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы).
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
8. Марки быстрорежущей стали и таблица физических свойств [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

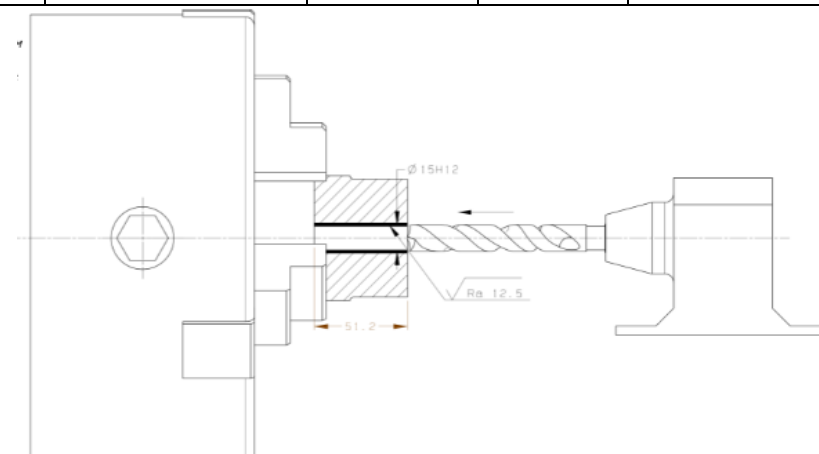
<https://arxipedia.ru/materialy-i-svojstva/instrumentalnye-materialy/marki-bystrorezhushhej-stali-i-tablica-fizicheskix-svojstv.html>.

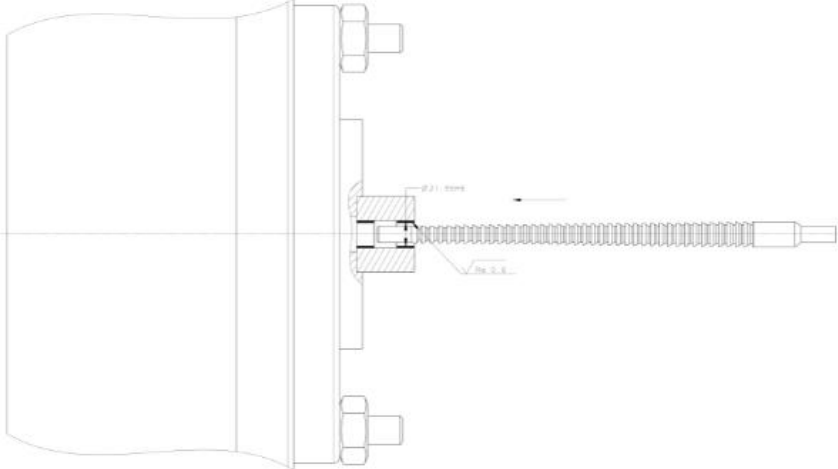
9. Паспортні дані верстата токарно-револьверного 1К341.
10. Байкалова В. Н. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ / В. Н. Байкалова, А. М. Колокатов, И. Д. Малинина. – Москва, 2000. – 19 с. – (Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина).
11. Скорость резания и машинное время при протягивании [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://poznayka.org/s86378t1.html>.
12. Заточка и переточка червячных фрез [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://studref.com/378623/tehnika/zatochka_peretochka_chervyachnyh_frez.
13. УСИЛИЯ, СИЛЫ ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ ШЛИФОВАНИЯ. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://delta-grup.ru/bibliot/39/74.htm>.
14. Затискні сили [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://osntm.ru/zashim_sil.html.

ДОДАТКИ

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A1			ДПБ Мпб1.06.04.001 СК	Цанговый патрон	1	
						Детали		
				1		Корпус	1	
				2		Цанга	1	
						Стандартные изделия		
				3		Гвинт М6 ГОСТ 17473-80	1	
				4		Гвинт М12 ГОСТ 1491-80	4	

Разраб.	Мельниченко									
Нормир.	Бесарабець									
				Фреза черв'ячна						
				Найменування операції			Матеріал			
				Токарна			Сталь швидкорізальна Р6М5			
				Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
				Устаткування, пристрій ЧПУ			Позначення програми			
				Токарно-револьверний верстат мод. 1К341						
				To	Tв	Tп.з.	Tшт.	СОЖ		
				0,32						
P		ПП	D или B,мм	L,мм	t,мм	i	S,мм/об	n,об/хв	v,м/хв	
O01	1. Встановити, закріпити									
T02	Трикулачковий патрон									
O03	2. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню									
T04	Токарний прохідний різець з напайними твердосплавними пластинами									
P05			66,2	31,2	1,5	1	0,9	125	18,96	
T06	Штангенциркуль									
O07										
T08										
P09										
T10										
OK										

Разраб.	Мельниченко										
Нормир.	Бесарабець										
				Фреза черв'ячна							
					Найменування операції			Матеріал			
					Токарна			Сталь швидкорізальна Р6М5			
					Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
					Устаткування, пристрій ЧПУ			Позначення програми			
					Токарно-револьверний верстат мод. 1К341						
					To	Tв	Tп.з.	Tшт.	СОЖ		
					2,06						
P		ПИ	D или B,мм	L,мм	t,мм	i	S,мм/об	n,об/хв	v,м/хв		
O01	1. Встановити, закріпити										
T02	Трикулачковий патрон										
O03	2. Свердлити посадковий отвір										
T04	Свердло спіральне з конічним хвостовиком твердосплавне										
P05			15	51,2	7,5	1	0,09	300	13,08		
T06	Штангенциркуль										
O07											
T08											
P09											
T10											
OK											

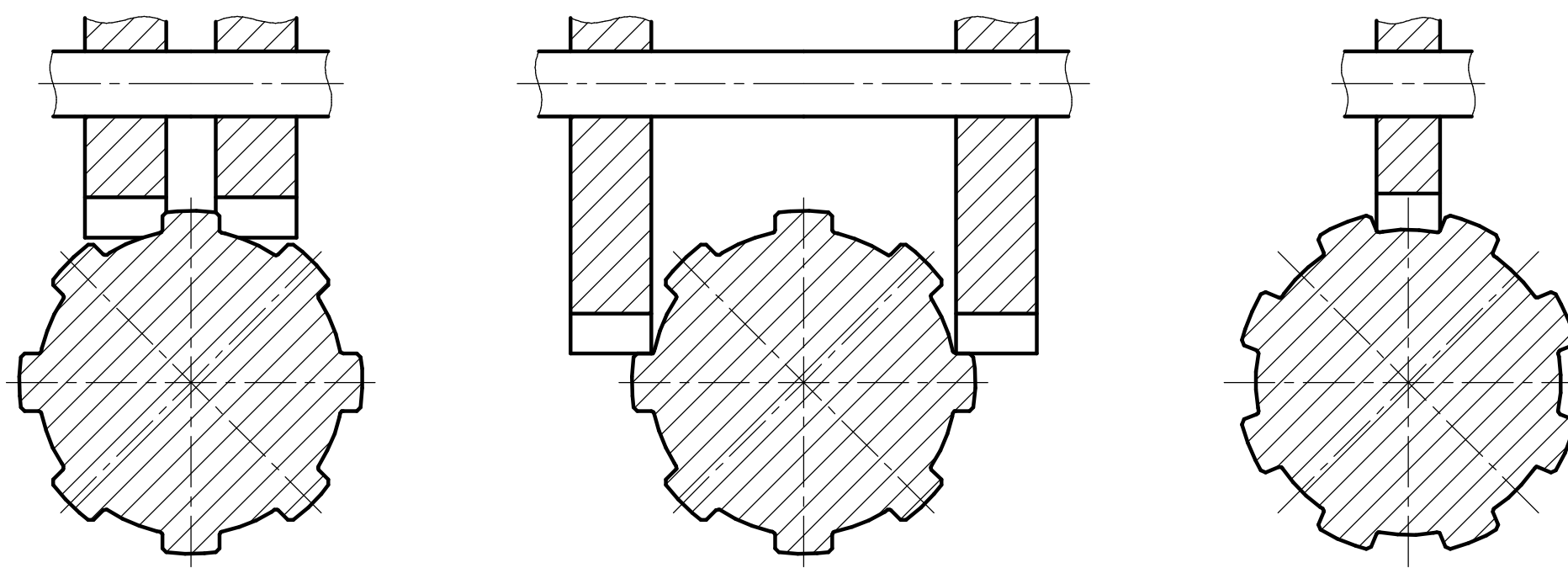
Разраб.	Мельниченко													
Нормир.	Бесарабець													
					Найменування операції				Матеріал					
					Протягувальна				Сталь швидкорізальна Р6М5					
					Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ		КОИД	
					Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми					
					Протягувальний верстат мод. 7Б57									
					То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ					
					0,26									
P				ПП	D или B,мм	L,мм	t,мм	i	S,мм/об	n,об/хв	v,м/хв			
O01	1. Встановити, закріпити													
T02	Спеціальне пристосування													
O03	2. Протягнути посадковий отвір													
T04	Протяжка циліндрична													
P05					21,95	51,2	0,05	1	0,05	-	6			
T06	Калібр													
O07														
T08														
P09														
T10														
OK														

Разраб.	Мельниченко											
Нормир.	Бесарабець											
				Найменування операції				Матеріал				
				Плоскошліфувальна				Сталь швидкорізальна Р6М5				
				Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ		КОИД
				Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми				
				Плоскошліфувальний верстат мод. 3Б722								
				То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ				
				0,29								
P				ПИ	D или B,мм	L,мм	t,мм	i	S,мм/хід столу	n,об/хв	v,м/хв	
O01	1. Встановити, закріпити											
T02	Магнітна плита											
O03	2. Шліфувати торець остаточно											
T04	Шліфувальний круг ПП 300x32x32 25А 40 СІ 6 К 35 А 3											
P05					48	48	0,05	1	16	-	20	
T06	Мікрометр											
O07												
T08												
P09												
T10												
OK												

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МЕТАЛОБРОБКИ ШЛІЦЕВИХ ВАЛІВ

Фрезерування шліців

Дисковими фрезами



Переваги:

1. Економічність застосування дискових фрез.

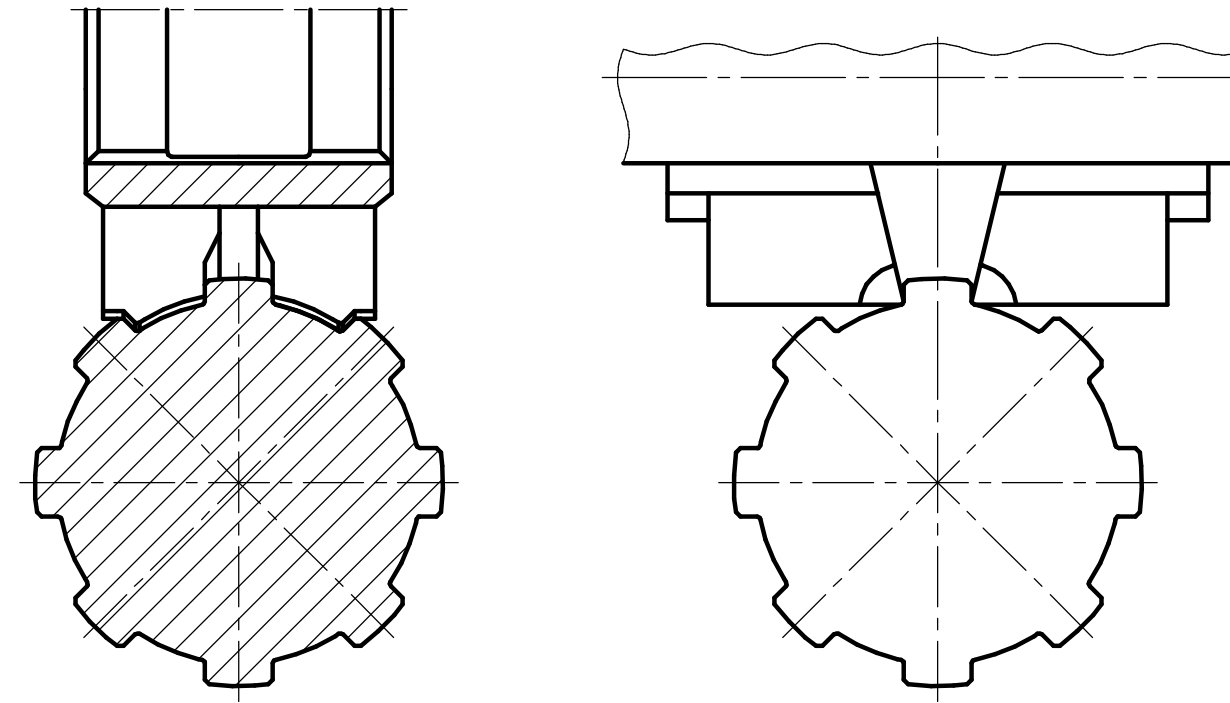
Недоліки:

1. Мала продуктивність при використанні однієї фрези.

2. Нестійка конструкція при застосуванні декількох дискових фрез.

3. Мала точність обробки шліцевих зубів.

Фасонною та торцевою фрезами



Переваги:

1. Більш висока точність при обробці шліців.

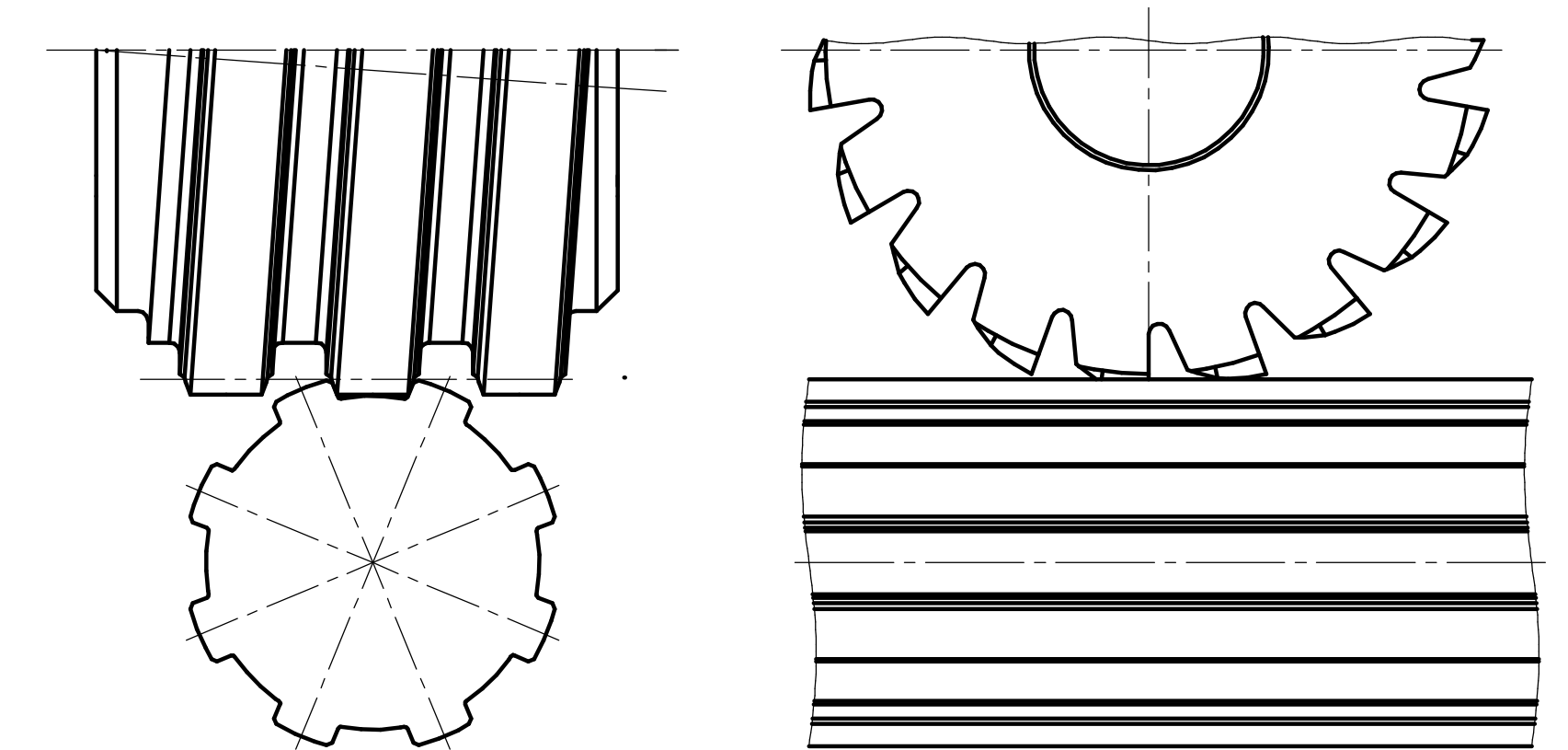
Недоліки:

1. Обробка шліців за дві операції – фасонне та торцеве фрезерування.

2. Затрата часу на установку на другу операцію.

3. виготовлення фасонної фрези під певний профіль шліцевого валу.

Черв'ячними фрезами



Переваги:

1. Висока точність обробки шліців.

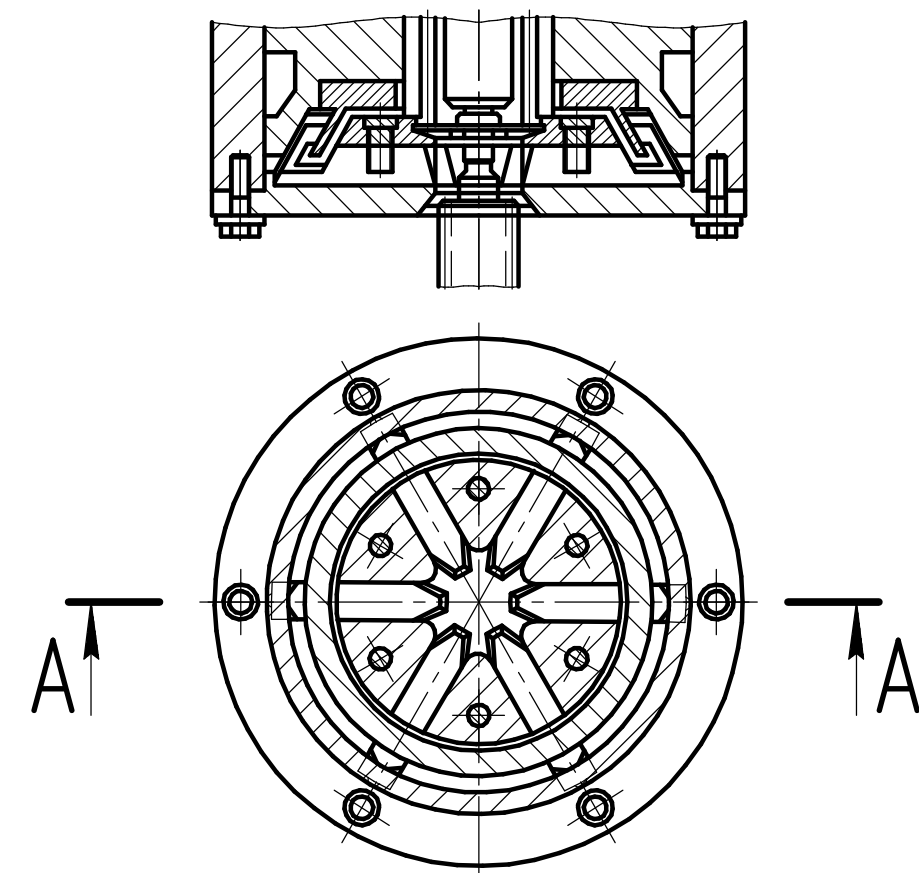
2. Висока продуктивність обробки шліців.

Недоліки:

1. виготовлення спеціальної фрези під певний профіль шліцевого валу.

Нарізання шліців різцями

A-A



Переваги:

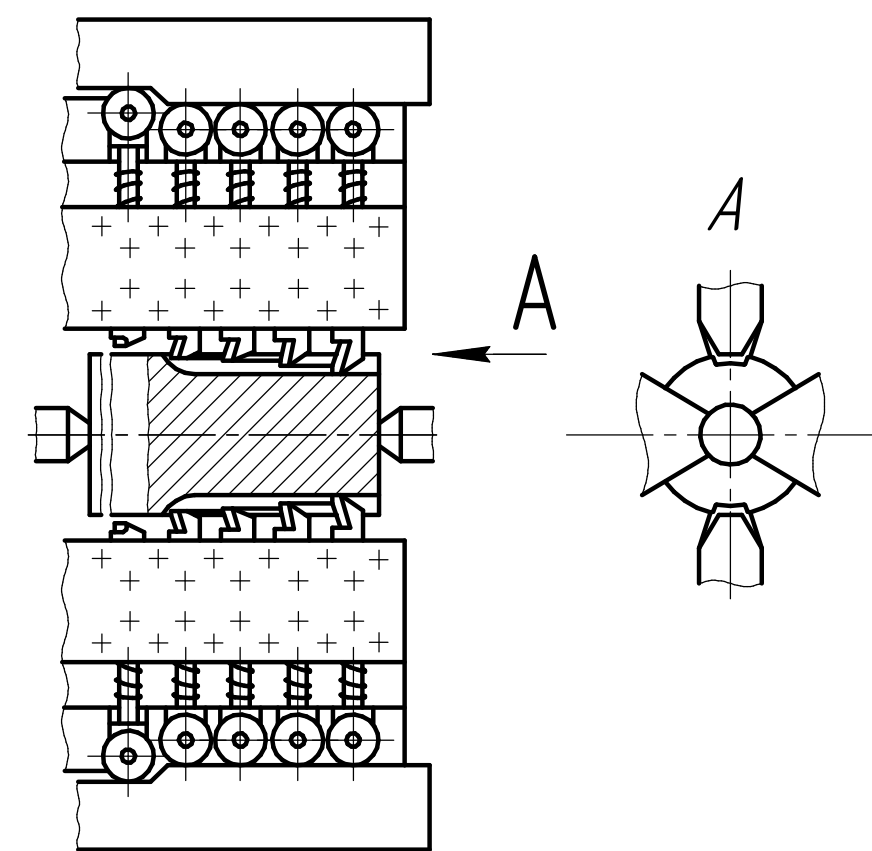
1. Можливість обробляти шліцеві валу, що мають уступу діаметром на 25...30 мм більше оброблюваного.

2. Можливість обробляти глухі та наскрізні шліцева впадини.

Недоліки:

1. Рациональне застосування тільки в крупносерійному та масовому виробництві.

Нарізання шліців протягуванням



Переваги:

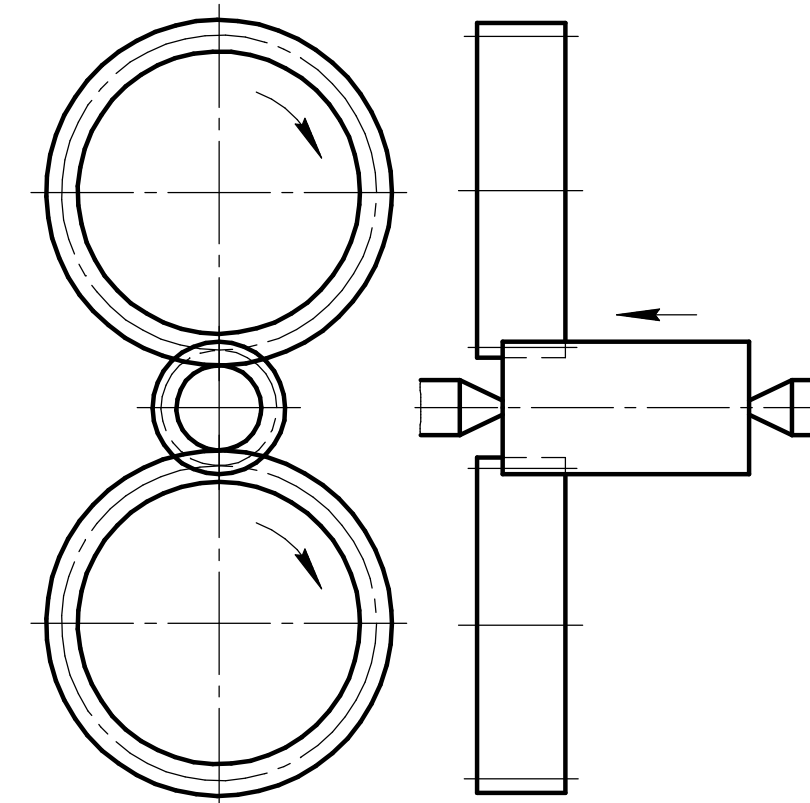
1. Висока продуктивність обробки шліців валу.

2. Можливість обробляти глухі та наскрізні шліцева впадини.

Недоліки:

1. Необхідність в спеціальному пристосування.

Круглими роликками



Переваги:

1. Висока міцність шліців.

2. Зникає необхідність термічної обробки та подальшої механічної обробки.

Недоліки:

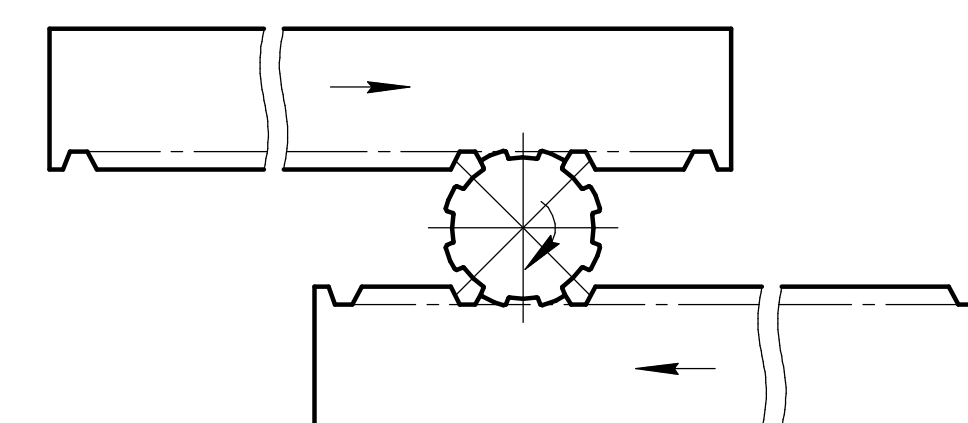
1. Важкість виготовлення прямодічних шліців.

2. Необхідність додаткових розрахунків, оскільки довжина заготовки після обробки збільшується.

3. Мала продуктивність обробки, відносно застосування рейок.

Накатування шліців

Рейками



Переваги:

1. Висока міцність шліців.

2. Зникає необхідність термічної обробки та подальшої механічної обробки.

3. Більш висока продуктивність.

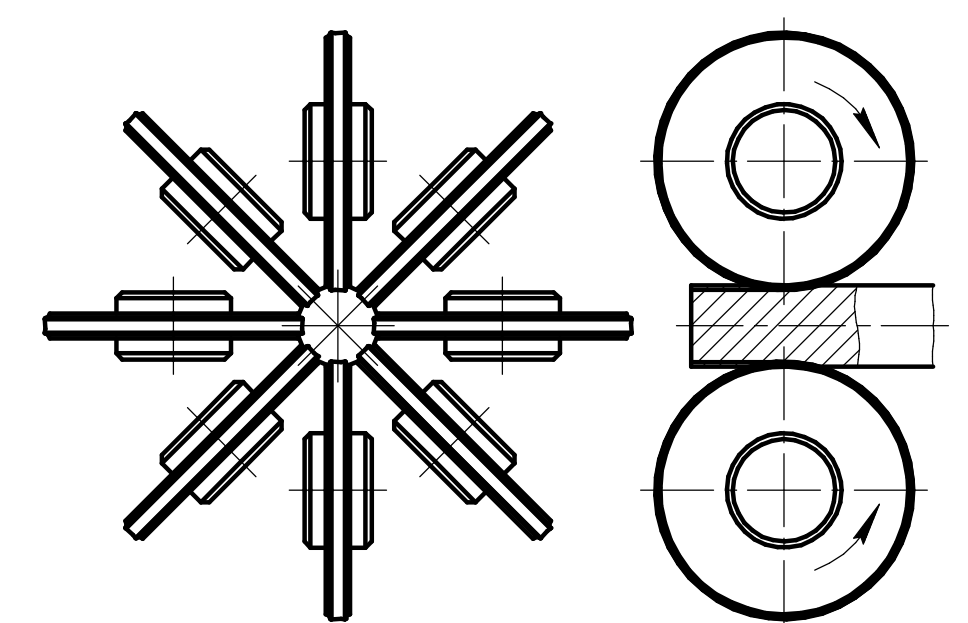
Недоліки:

1. Важкість виготовлення прямодічних шліців.

2. Необхідність додаткових розрахунків, оскільки довжина заготовки після обробки збільшується.

3. Не застосовується для шліцевих валів довжиною 80...100 мм.

Багатороликовою головкою



Переваги:

1. Висока міцність шліців.

2. Зникає необхідність термічної обробки та подальшої механічної обробки.

Недоліки:

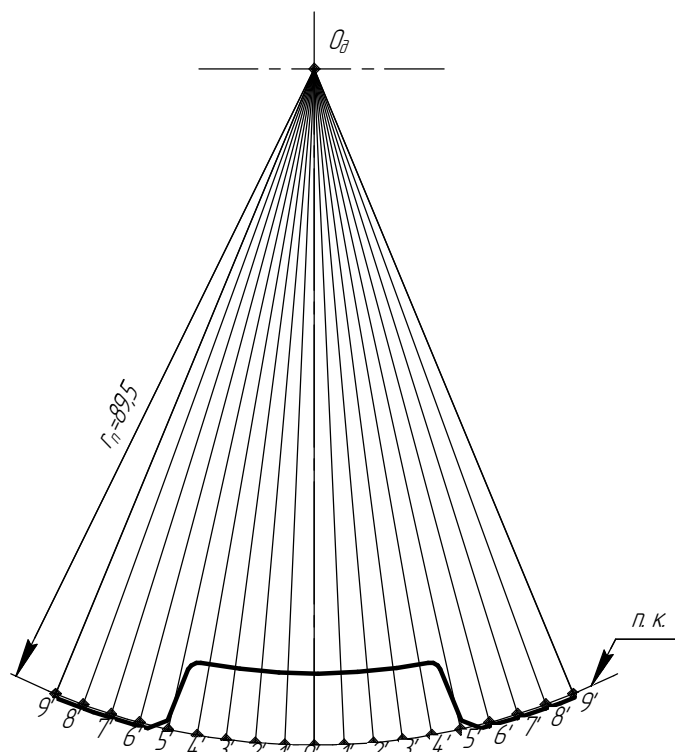
1. Потребує особливо точного виготовлення інструменту.

2. Необхідність додаткових розрахунків, оскільки довжина заготовки після обробки збільшується.

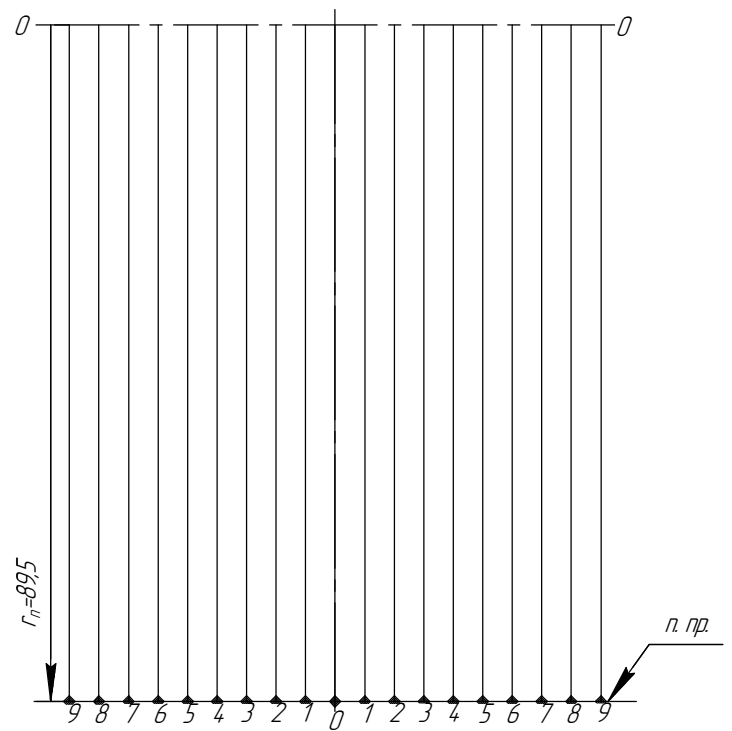
3. Мала продуктивність відносно застосування рейок.

Пряма задача графічного профілювання

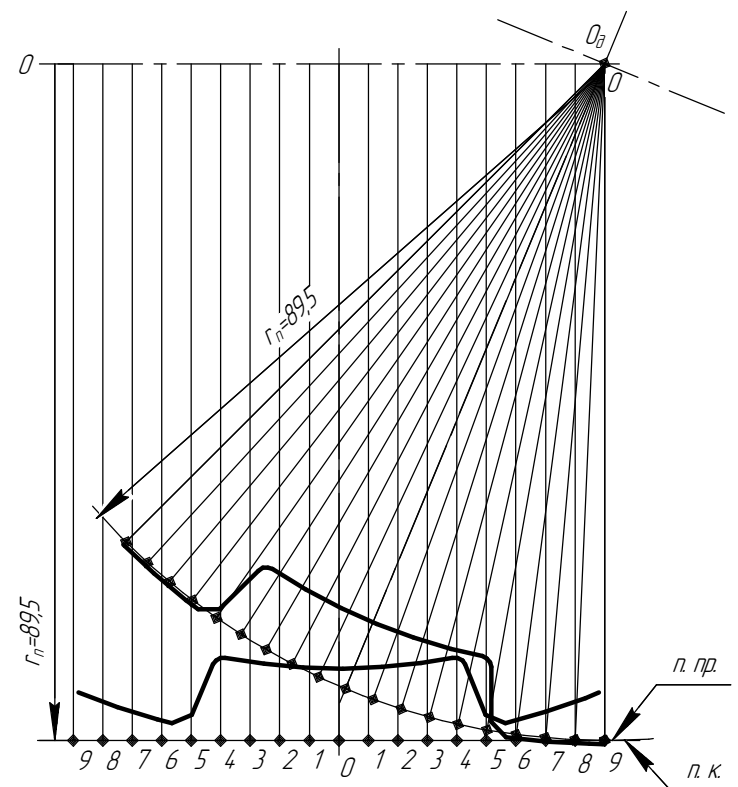
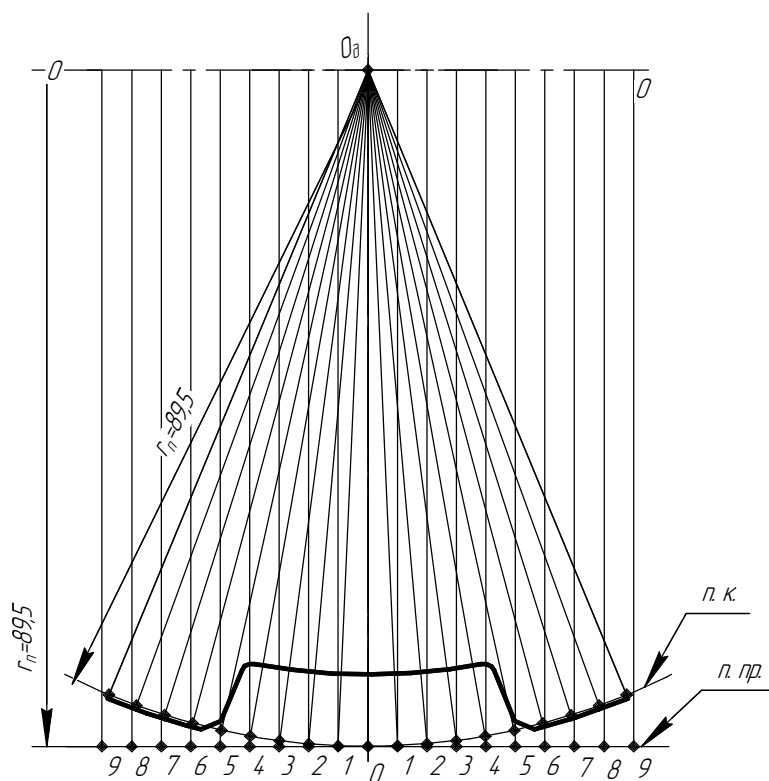
Шаблон відомого профілю



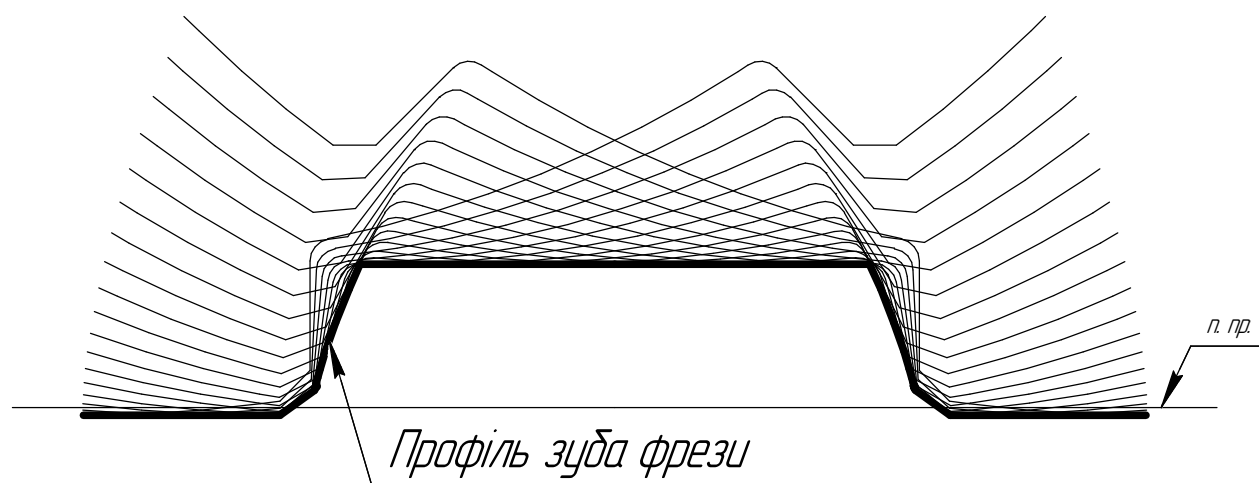
Шаблон побудов



Побудова профілю зуба

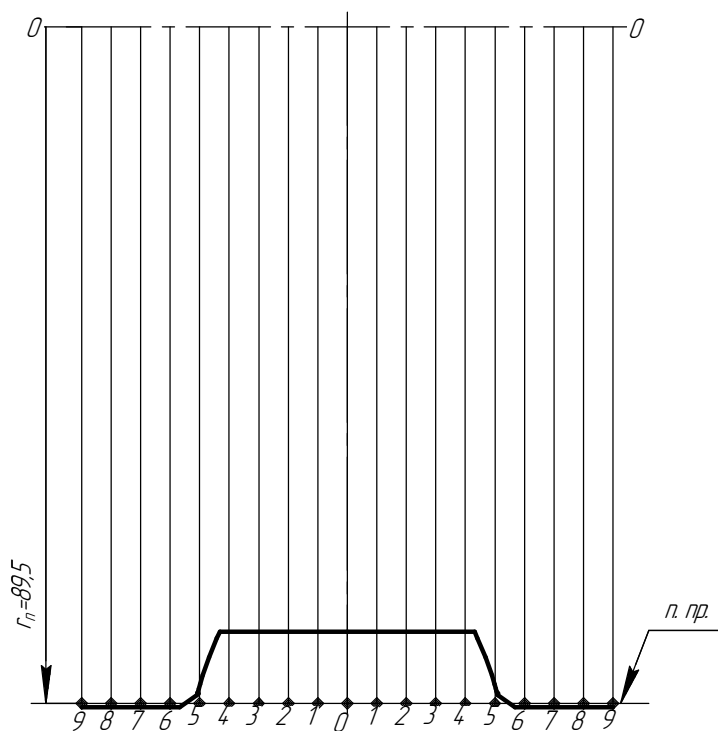


Результат профілювання 10:1

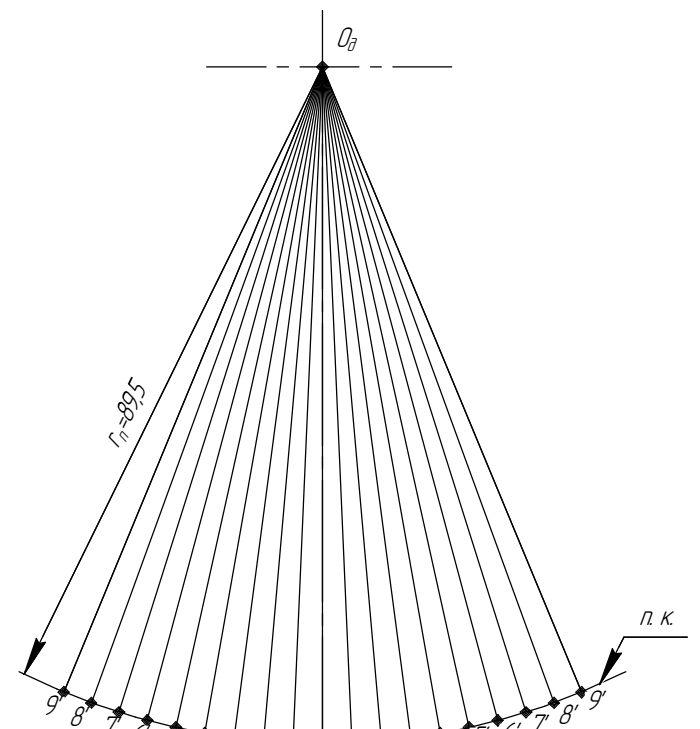


Зворотна задача графічного профілювання

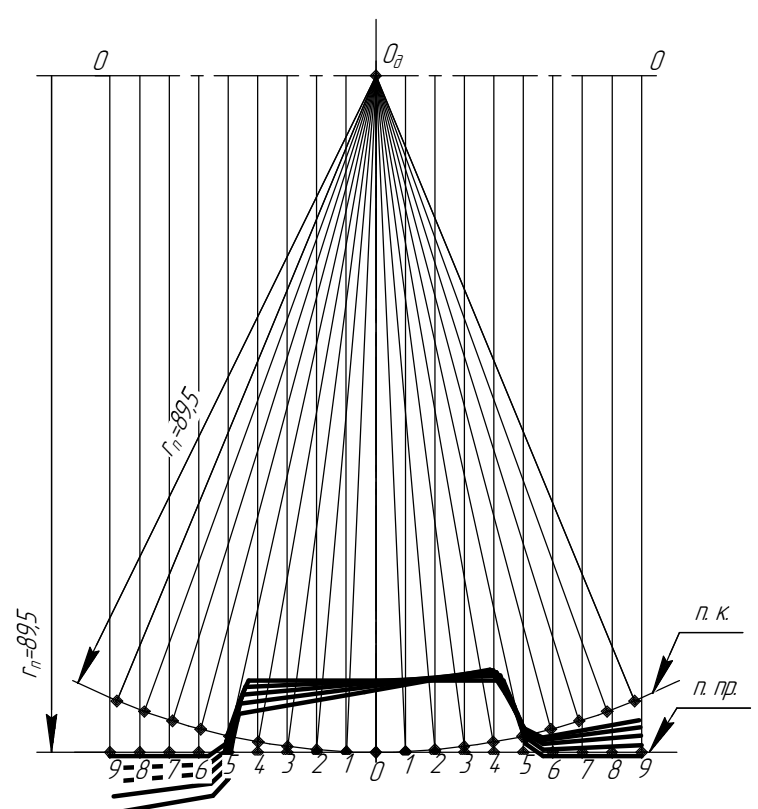
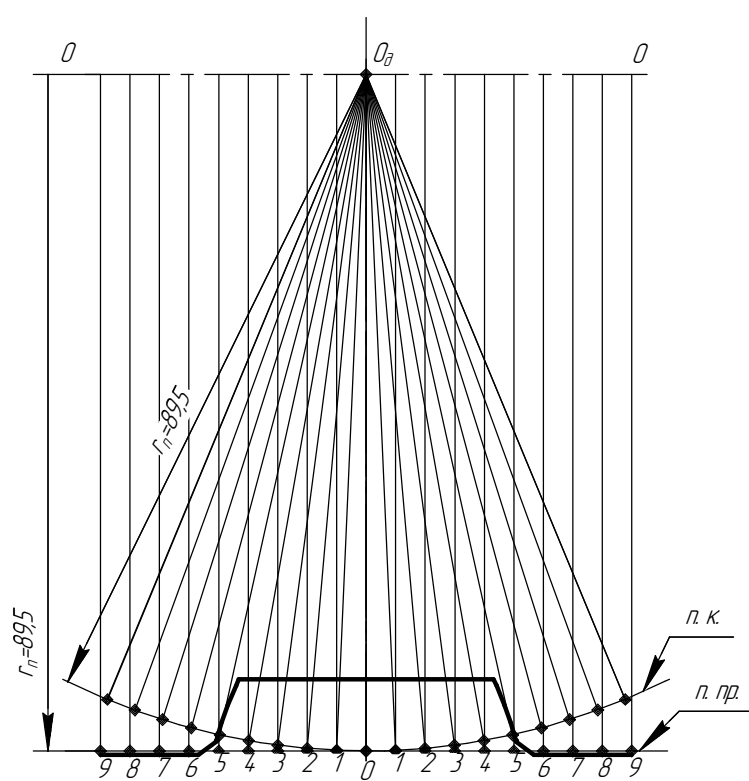
Шаблон відомого профілю



Шаблон побудов

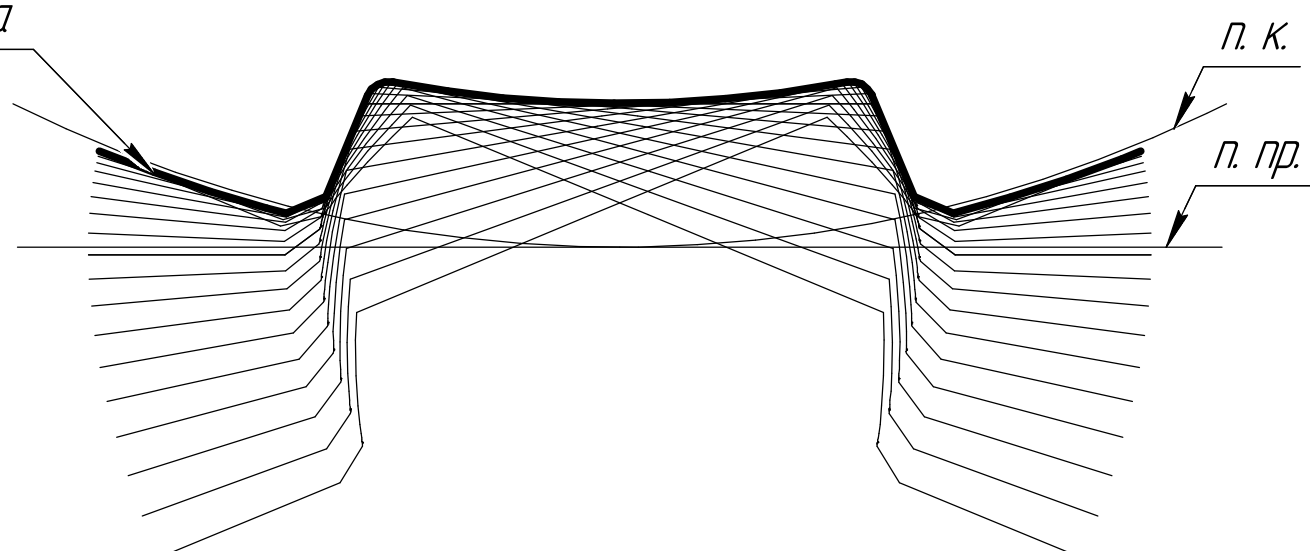


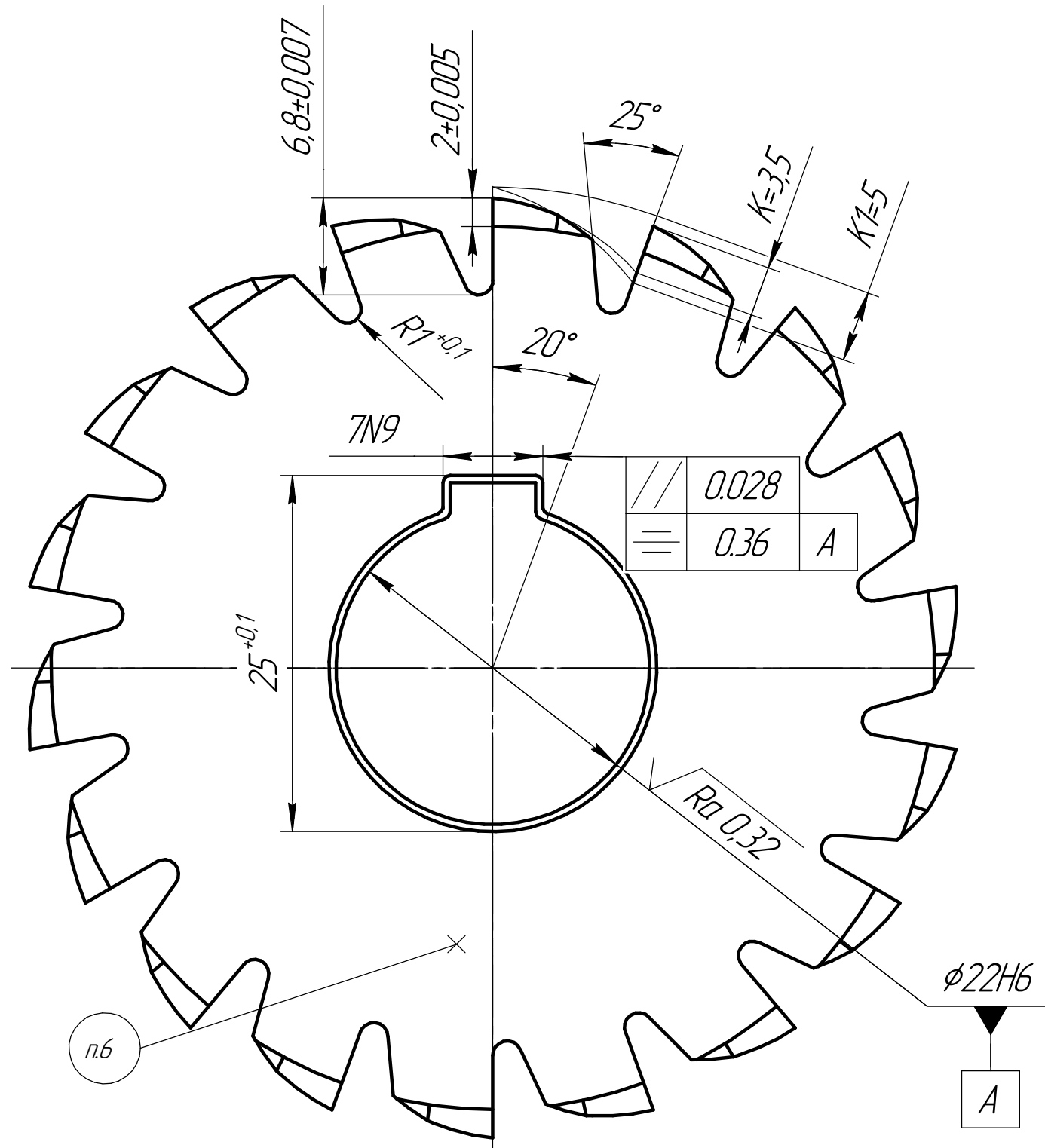
Побудова профілю впадини шліца



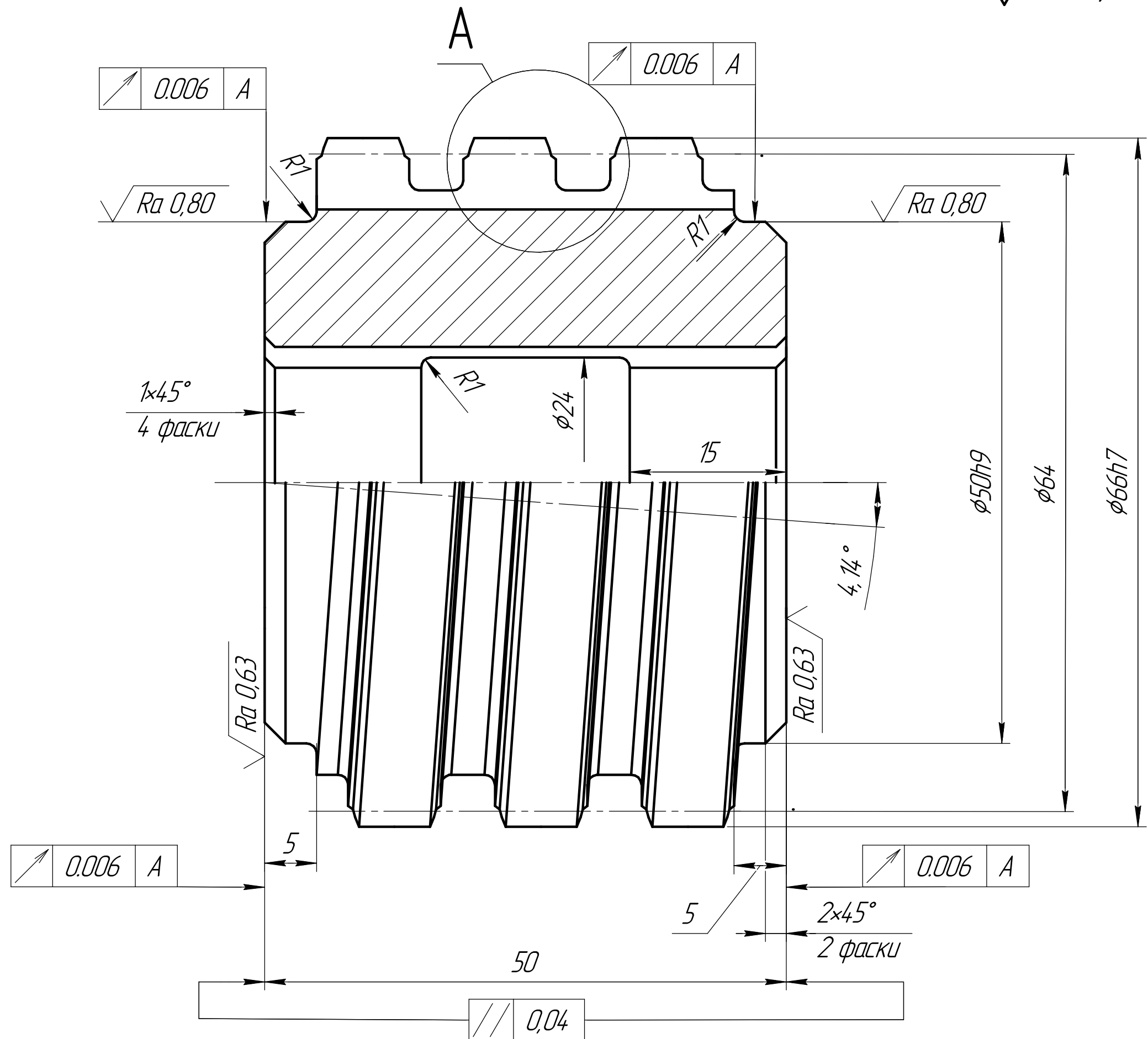
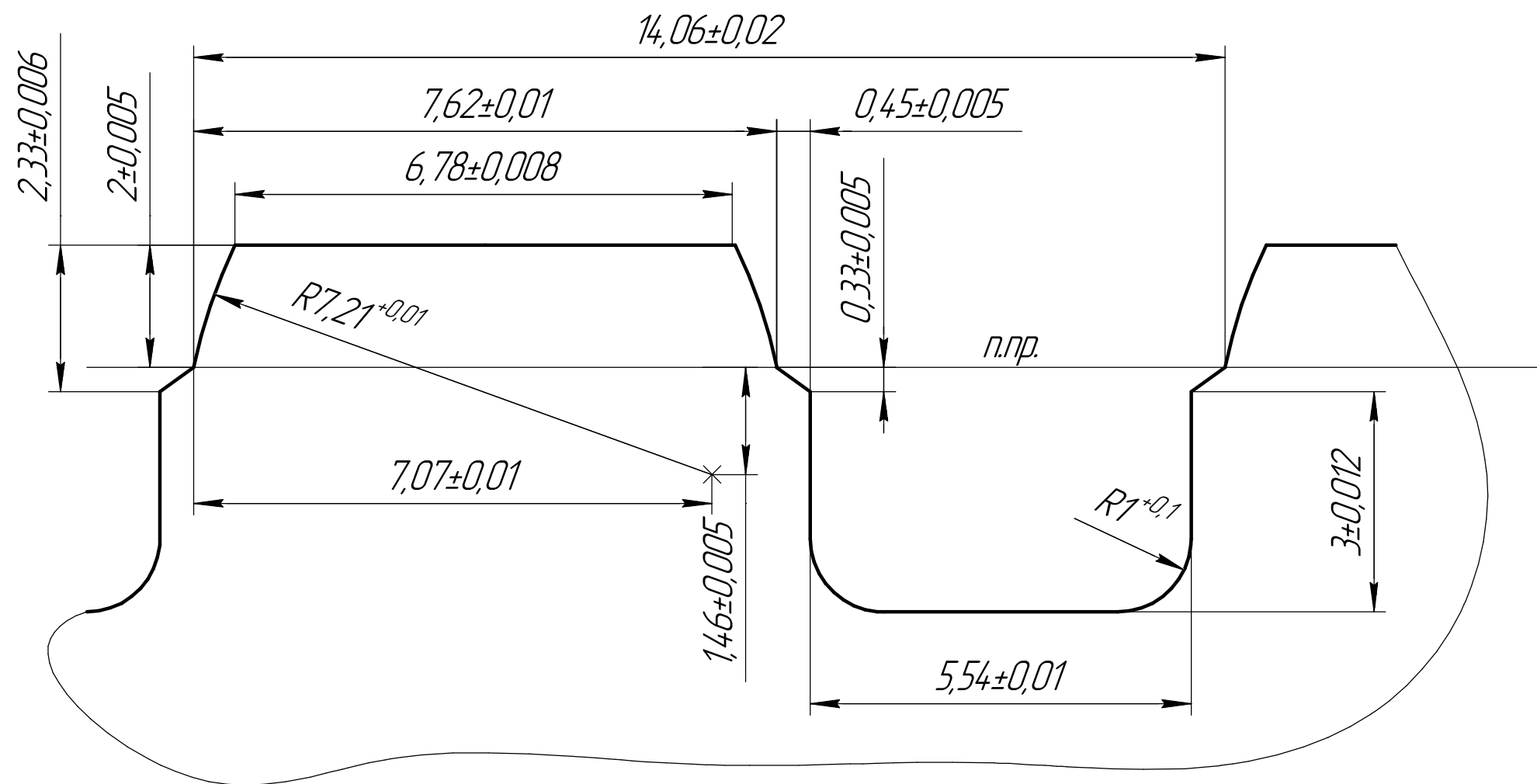
Результат профілювання 10:1

Профіль впадини шліца





A(10:1)



- 1 63...66HRC₃;
2 ISO 2768mK;
3 Допуск відхилення профілю передньої поверхні 0,04мм;
4 Допуск відхилення напрямлення стружкових канавок ±0,08мм на довжині 100 мм робочої частини фрези;
5 Параметри шліцевого валу – D-8x32x36f7x6e8;
6 Маркувати: логотип заводу-виробника, модуль, матеріал, кут нахилу стружкової канавки.

ДП Мп61.06.02.03 ТК						Лист	Маса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Фреза черв'ячна				2:1
Разраб.	Мельниченко			для шліцевого валу		Лист	Листов	1
Проб.	Бесарабей			Р6М5 ГОСТ 19265-73		ММІ МІ-п61		
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								