

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал шліцьовий» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач  
групи ПМ-21ск  
Середа І.Д.  
Керівник випускної  
роботи:  
к.т.н., доцент  
Нечаєв В.П.

Кривий Ріг  
2024 р.

## ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21ск

\_\_\_\_\_

(підпис)

Середа І.Д.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечаєв В.П.

Криворізький національний університет  
Факультет: механічної інженерії та транспорту  
Кафедра: технології машинобудування  
Ступінь вищої освіти: бакалавр  
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую  
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

---

(підпис)

---

(дата)

## **ЗАВДАННЯ** на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-21ск Серeda Ілля Дмитрович

**1. Тема:** Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Керівник проекту: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджена наказом по КНУ № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** \_\_\_\_\_ р.

**3. Вихідні дані до роботи:** 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал шестерня». 3. Річна програма випуску деталей

**4. Зміст пояснювальної записки:** 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами. 4. Проектування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

**5. Перелік графічного матеріалу:** 1. Вал шліцьовий. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Черв'ячна фреза для шліцьових валів з прямобічним профілем. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

**6. Календарний план:**

<b>№ з/п</b>	<b>Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра</b>	<b>Термін виконання</b>
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	
3.	Призначення об'єкту виробництва	
4.	Аналіз технологічності деталі.	
5.	Креслення деталі (А1-А4).	
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	
13.	Вибір допоміжних інструментів.	
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	
18.	Висновки	
19.	Оформлення РПЗ	
20.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР \_\_\_\_\_

/ Нечає В.П./

Завдання отримав  
здобувач освіти \_\_\_\_\_

/ Серета І.Д./



## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота містить : 79 сторінок , 10 таблиць, 71 рисуноків, бібліографія з 7 джерел .

Мета роботи : розробка повного комплексу конструкторсько-технологічної документації ,для виготовлення деталі «вал-шестерня», та підвищення якості виготовлення через провадження верстатів з ЧПК та комплексного підходу з застосуванням CAD/CAM/CAE систем

Для виконання данної мети, за основу було взято креслення деталі «Вал-шестерня» , найменування вузла та річна програма випуску деталі. При завершенні, були вирішені такі завдання : 1) виконати аналіз технологічного процесу; 2) Обрати ріжучий та допоміжний інструмент ; 3) Обґрунтувати та вирахувати ефективність заміни верстатів «старого типу» на нові верстати з ЧПК.

Об'єкт дослідження : технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня»

Предмет дослідження : Металорізальний інструмент

Наукова новизна : За допомогою числових розрахунків та комп'ютерного моделювання з використанням методів параметричної оптимізації було теоретично підтверджено функціональність та доцільність заміни на верстати з ЧПК. Це підтвердження базувалося на визначеному часі обробки деталі, затрачених коштів та результатах модального аналізу, що дозволило встановити відсутність недопустимих деформацій та резонансних коливань в робочому діапазоні частот.

## ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: 76 pages, 10 tables, 65 figures, a bibliography of 7 sources.

The aim of the work: development of a complete set of design and technological documentation for the manufacture of the "shaft-gear" part, and improving the quality of manufacturing through the introduction of CNC machines and an integrated approach using CAD/CAM/CAE systems.

To achieve this goal, the drawing of the "Shaft-Gear" part, the name of the assembly, and the annual production program of the part were taken as a basis. Upon completion, the following tasks were solved: 1) analyze the technological process; 2) Select cutting and auxiliary tools; 3) Justify and calculate the efficiency of replacing "old type" machines with new CNC machines.

Object of research: technological process of manufacturing the "Shaft-Gear" part.

Subject of research: Metal-cutting tools.

Scientific novelty: Using numerical calculations and computer modeling using parametric optimization methods, the functionality and feasibility of replacing CNC machines have been theoretically confirmed. This confirmation was based on the determined processing time of the part, the costs incurred, and the results of modal analysis, which made it possible to establish the absence of unacceptable deformations and resonant vibrations in the operating frequency range.

## ЗМІСТ

### Вступ

- 1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі
  - 1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних (*обов'язково повинно бути: Завдання роботи; Мета роботи; Об'єкт дослідження; Предмет дослідження*)
  - 1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини
  - 1.3 Розрахунок параметрів точності ... (на вибір: шпонкового з'єднання/метричної різьби/з'єднання з натягом/з зазором/з'єднання підшипників кочення)
- 2 Технологічна підготовка виробництва деталі
  - 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін
  - 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей
  - 2.3 Технічний контроль робочого креслення
  - 2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання
- 3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами
  - 3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі
  - 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів
  - 3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту
  - 3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів
  - 3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі
- 4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту
  - 4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту
  - 4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту
- 5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки
  - 5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора
  - 5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм
- 6 Організаційно-економічна підготовка виробництва
  - 6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників
  - 6.2 Охорона праці та екологія виробництва

### Висновки

### Список використаних джерел

					КНУ.КБР.131.24.2-06.3		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Середа</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасв</i>					1	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Гр.ПМ-21ск</i>		
<i>Затвердив</i>	<i>Нечасв</i>						



## ВСТУП

Металорізальний інструмент - це частина металорізального верстата, що впливає в процесі різання безпосередньо на заготовку, з якої повинна бути отримана готова деталь. Процес різання металів полягає в знятті із заготовки певного шару металу для одержання з її деталі необхідної форми та розмірів з відповідною якістю оброблених поверхонь. Частка обробки металів різанням у машинобудуванні становить близько 35%. Процес різання металів, що супроводжується деформаціями стиску, розтягання, зрушення, більшим тертям і тепловиділенням, має свої закономірності, вивчення яких необхідно для того, щоб зробити цей процес більше продуктивним та економічним.

Для розвитку науки про різання металів і ріжучий інструмент необхідне подальше дослідження фізичних основ процесу різання; пошук нових дешевих, зносостійких і міцних матеріалів для виготовлення ріжучої частини інструмента; створення нових видів високопродуктивного різального інструменту; широке впровадження потокових методів виробництва інструмента та поліпшення його якості; підвищення продуктивності та економічності процесу різання внаслідок зменшення не тільки машинного, а й допоміжного часу, що витрачається на обробку; вивчення, узагальнення, подальше розвиток і широке впровадження в промисловість високопродуктивних методів праці новаторів виробництва; розробка передових нормативів по режимах різання тощо. Найважливішими напрямками розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні є впровадження технологічних процесів на основі використання ріжучих інструментів із нових інструментальних сплавів, розширення області використання обладнання з ЧПК, підвищення розмірної та технологічної точності, що досягається при обробці.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.В			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Середа</i>				Вступ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						1	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				Гр.ПМ-21ск			
<i>Затвердив</i>	<i>Нечаєв</i>							

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

## 1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

*Завдання роботи:* Виконати конструкторсько-технологічну підготовку виробництва деталі "Вал-шестерня" бурового верстата ВБШ-250 та обґрунтувати параметри різального інструменту з використанням CAD/CAM/CAE систем.

*Мета роботи:* Спроекувати 3D модель деталі "Вал-шестерня", розробити технологічний процес її виготовлення, підібрати необхідний різальний інструмент і обґрунтувати його параметри за допомогою сучасних CAD/CAM/CAE систем для забезпечення ефективного виробництва даної деталі.

*Об'єкт дослідження:* Деталь "Вал-шестерня" роздавальної коробки бурового верстата ВБШ-250.

*Предмет дослідження:* Конструкторсько-технологічні рішення, процес проектування та параметри різального інструменту для виготовлення деталі "Вал-шестерня".

Аналіз вихідних даних:

1. Деталь "Вал-шестерня" є критично важливим компонентом роздавальної коробки бурового верстата БШ-250, що забезпечує передачу обертального руху та взаємодію зубчастих передач.
2. Вихідними даними для проектування деталі є її службове призначення, матеріал вимоги до геометричних розмірів, точності та якості поверхонь.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Середа				Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	Лит.	Лист	Листів
Перевір.	Нечасв						1	5
Н. Контр.	Рязанцев				Гр.ПМ-21ск			
Затвердив	Нечасв							

3. Для створення 3D моделі деталі та підготовки конструкторської документації необхідно використовувати САD системи.
4. Для розробки технологічного процесу виготовлення деталі та генерування керуючих програм для верстатів з ЧПУ потрібно застосовувати САМ системи.
5. Вибір та обґрунтування параметрів різального інструменту (матеріал, геометрія, покриття тощо) для забезпечення необхідної продуктивності та якості обробки деталі повинні базуватися на моделюванні процесів різання в САЕ системах.
6. Необхідно врахувати вимоги до міцності, жорсткості, зносостійкості деталі "Вал-шестерня" для забезпечення її надійної експлуатації в складних умовах буріння.

Виконання даного технічного завдання дозволить забезпечити ефективну конструкторсько-технологічну підготовку виробництва деталі "Вал-шестерня" бурового верстата ВБШ-250 з використанням сучасних САD/САМ/САЕ систем.

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елемента вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Вал шестерня являє собою вузол, що складається з окремих двох елементів, об'єднаних в єдиний механізм з функціями валу і шестерні. Вал шестерні служить для передачі моменту обертання з одного валу на інший шляхом зачеплення зубчастих коліс між собою.

Деталь "Вал-шестерня" є важливим компонентом роздавальної коробки бурового верстата ВБШ-250. Основна функція даної деталі полягає у передачі обертального руху від вхідного валу до інших елементів трансмісії та забезпеченні взаємодії зубчастих передач. Вал-шестерня повинна витримувати значні навантаження, що виникають під час буріння свердловин,

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

та забезпечувати надійну передачу крутного моменту. Конструкція вала-шестерні повинна гарантувати необхідну міцність, жорсткість та зносостійкість для тривалої експлуатації в складних умовах буріння.

Роздавальна коробка є одним з ключових вузлів бурового верстата, що відповідає за розподіл крутного моменту між механізмами обертання бурового долота та механізмами подачі/підйому бурової штанги. Вона забезпечує регулювання швидкості обертання долота та швидкості подачі/підйому штанги залежно від умов буріння. Роздавальна коробка дозволяє вмикати та вимикати різні режими роботи бурового верстата, забезпечуючи гнучкість та ефективність процесу буріння. Надійність та точність роботи роздавальної коробки є критично важливою для коректної експлуатації бурового верстата та запобігання можливих аварійних ситуацій.

Буровий верстат ВБШ-250:

- Буровий верстат ВБШ-250 є потужною машиною, призначеною для буріння свердловин у ґрунті з метою геологічної розвідки, видобутку нафти, газу, а також для інших цілей.
- Основними функціями бурового верстата є забезпечення обертання бурового долота та подачі/підйому бурової штанги на необхідну глибину.
- Верстат здатний працювати в різних умовах та на різних типах ґрунтів, забезпечуючи необхідну потужність та точність буріння.
- Надійність та ефективність роботи бурового верстата ВБШ-250 залежить від коректного функціонування всіх його вузлів та деталей, зокрема роздавальної коробки та вала-шестерні.
- Буровий верстат повинен відповідати вимогам безпеки та екологічності під час експлуатації.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3



Рисунок 1.1 – Верстат буровий шарошечний

Таким чином, деталь "Вал-шестерня" відіграє важливу роль у забезпеченні надійної та ефективної роботи роздавальної коробки та бурового верстата ВБШ-250 в цілому. Її конструкція та параметри повинні бути ретельно спроектовані та обґрунтовані з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем.

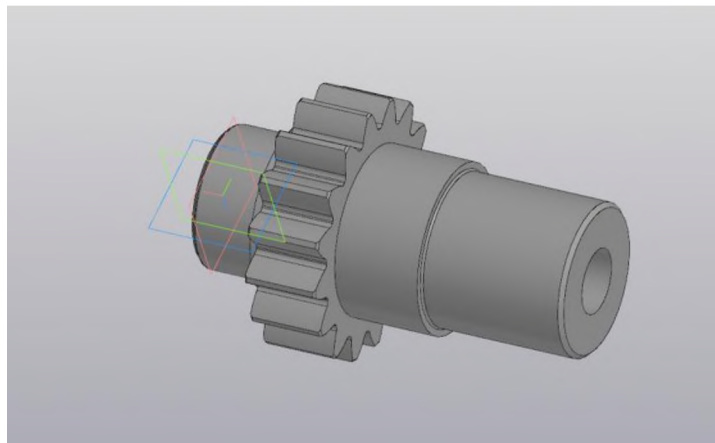


Рисунок 1.2 – 3Д модель Вал-шестерня

### 1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником

На поверхні валу діаметром 65 мм з полем допуску k6 передбачено

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

встановлення підшипників кочення. Ми проведемо розрахунок параметрів точності з'єднання валу з внутрішнім кільцем підшипника, припускаючи, що воно належить до нульового класу точності. Для цього ми визначимо найбільші та найменші натяги, що можуть виникнути при посадці внутрішнього кільця підшипника на вал. Це буде зроблено шляхом визначення граничних відхилень для внутрішнього діаметру підшипника та для діаметру вала.

Величина граничних відхилень дорівнюють: для внутрішнього діаметру підшипника  $\text{Ø}65$ .

$$ES = 0 \text{ мкм} \quad EI = -25 \text{ мкм.}$$

Для валу  $\text{Ø}65\text{k}6$   $es = +21 \text{ мкм}, \quad ei = +2 \text{ мкм}$

В з'єднанні підшипник – вал натяги дорівнюють:

$$N_{max} = es - EI = 21 - (-15) = 36 \text{ мкм}$$

$$N_{min} = ei - ES = +2 - 0 = 2 \text{ мкм}$$

Зображаємо схему полів допусків

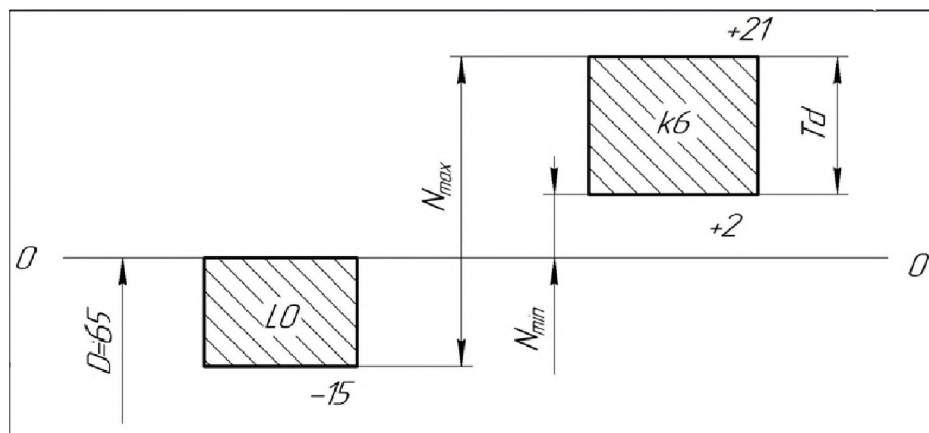


Рисунок 1.3 – Схема полів допусків

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

Технологічний процес виготовлення деталі "Вал-шестерня" складається з наступних основних етапів:

1. Заготівельна операція - відрізання прутка сталі 40ХН потрібної довжини.
2. Токарна чорнова обробка - точіння зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців.
3. Термічна обробка - гартування з високим відпуском для надання необхідної твердості та зносостійкості.
4. Токарна чистова обробка - чистове точіння поверхонь, витримування розмірів із заданою точністю.
5. Фрезерна операція - фрезерування шліців на одному з торців вала.
6. Шліфувальна операція - шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь для досягнення високої чистоти обробки.
7. Контрольна операція - перевірка розмірів, геометрії та якості поверхонь деталі.

### 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь "Вал-шестерня" є важливим компонентом роздавальної коробки бурового верстата ВБШ-250. Вал-шестерня повинна витримувати значні навантаження, що виникають під час буріння свердловин, та забезпечувати надійну передачу крутного моменту. Конструкція деталі має гарантувати необхідну міцність, жорсткість та зносостійкість для тривалої експлуатації в складних умовах буріння.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Середа</i>				Технологічна підготовка виготовлення деталі	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						1	9
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				Гр.ПМ-21ск			
<i>Затвердив</i>	<i>Нечаєв</i>							

## Вибір матеріалу деталі

Для виготовлення деталі "Вал-шестерня" пропонується використовувати конструкційну леговану сталь 40X. Ця легована сталь містить 0,36-0,44% вуглецю та 0,8-1,1% хрому, що забезпечує їй підвищену міцність і зносостійкість після гартування та відпуску. Сталь 40X здатна досягати твердості HRC 50-60, що є необхідним для деталі, яка працює в умовах циклічних і ударних навантажень.

## Варіанти заміни матеріалу

Можливими альтернативами сталі 40X можуть бути інші леговані конструкційні сталі:

1. Сталь 40ХН - містить додатково нікель (до 0,3%), що покращує в'язкість та зносостійкість. Але дорожча порівняно з 40Х.
2. Сталь 40ХФА - легована хромом, ванадієм та молібденом, що підвищує міцність та зносостійкість після гартування. Забезпечує підвищену прогартовуваність, але складніша у виробництві.
3. Сталь 38ХА - дещо менший вміст вуглецю (0,35-0,42%), але легована також алюмінієм, який сприяє подрібненню зерна та збільшенню міцності.


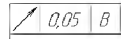
Остаточний вибір матеріалу залежить від необхідного рівня механічних властивостей, технологічності виготовлення, вартості та досвіду роботи з певним сортаментом сталей на виробництві. Враховуючи службове призначення деталі "Вал-шестерня", сталь 40Х є оптимальним вибором за співвідношенням властивостей та вартості.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2



## 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Керуючись кінцевими вимогами до точності і якості поверхонь деталей, обираю технологічні методи обробки, для забезпечення потрібної якості поверхні на деталі.

№ З/п	Розмір , мм	Шосткість , Ra	Допуск, IT	Послідовність технологічних методів обробки	Приміт ка
9	L198	Ra 12,5	IT14	Чорнове розточування	-
1	Ø 65k6	Ra 12.5 Ra 6,3 Ra 3,2 Ra 1,6	IT14 IT 10 IT 8 IT 6	Чорнове розточування Пів.Чист розточування Чистове розточування Шліфування	-
2	Ø98h12	Ra 12.5  Ra 6.3  Ra 3.2	h14  h14  h14	Чорнове обточування Пів чистове обточування Чистове обточування	
3,15	Ø78h12	Ra 12.5	h14	Чорнове розточення	-
4	Ø111,9 h12	Ra 12,5	8-8-7	Нарізання шестерні Дисковою модульною фрезою	
5,17	50h12	Ra 12.5	h12	Чорнове підрізання	-
6	2 радіуси R1	Ra 12.5	h14	Чорнове точіння	-
7	Ø70k6	Ra 12.5  Ra 6.3  Ra 3.2  Ra 1.6	h14  h10  h8  k6	Чорнове обточування Пів чистове обточування Чистове обточування Шліфування	-


Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД

Лист

3

Продовження таблиці 2.2

8	Ø70k6	Ra 12.5	k6	Чорнове підрізання	
10	Ø30	Ra 12.5	H14	Свердління	-
11	Ø54H14	Ra 12.5	H14	Чорнове розточування	-
12	Ø54H12	Ra 12.5	H14	Чорнове точіння	
13	Ø41H12	Ra 12.5	H12	Чорнове точіння	
14	m=2.5 Z=1,8 Dд=45	Ra 12,5 Ra 6,3	H12	Чорнове підрізання	-
16	m=6 Z=16 Dд=96	Ra 3.2	H12	Півчистове обточування	-
18	2 радіуси R2	Ra 12.5	h14	Чорнове точіння	-
19	Ø78h12	Ra 12,5 Ra 6,3 Ra 3,2	IT14 IT12 h12	Чорнове розточування Пів. Чист розточування Чистове розточування	
20	4 фаски 2,5x45°	Ra 12.5	IT14	Чорнове розточення	

### 2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображено вал з циліндричними поверхнями різних діаметрів та шестернею. Проаналізуємо його з точки зору технічного контролю:

1. Основний вид (вид спереду) показує загальну форму деталі та основні розміри.
2. Нанесені всі розміри лінійних та діаметральних розмірів з граничними відхиленнями.
3. Позначено поля допусків для діаметральних розмірів.
4. Вказані шорсткості оброблених поверхонь згідно позначень стандарту.

5. Є таблиця допусків радіального биття циліндричних поверхонь.
6. Зазначені вимоги до перпендикулярності торцевих поверхонь відносно осі вала.
7. Наведена специфікація геометричних параметрів шестірні (модуль, кількість зубів і т.д.)
8. Вказаний матеріал виготовлення деталі (сталь 40X) та вимоги до термообробки.

9. Креслення повністю відповідає вимогам стандартів ЄСКД

#### 2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Усі операції окрім шліфування та фрезерування виконуємо на токарному верстаті «Nextturn NST-56/67» .



Рисунок 2.1 – Високошвидкісний , високоточний токарний автомат з ЧПК «Nextturn NST-56/67»

					КНУ.КБР.131.24.2-06.02.ТПВД	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# Инструментальная схема

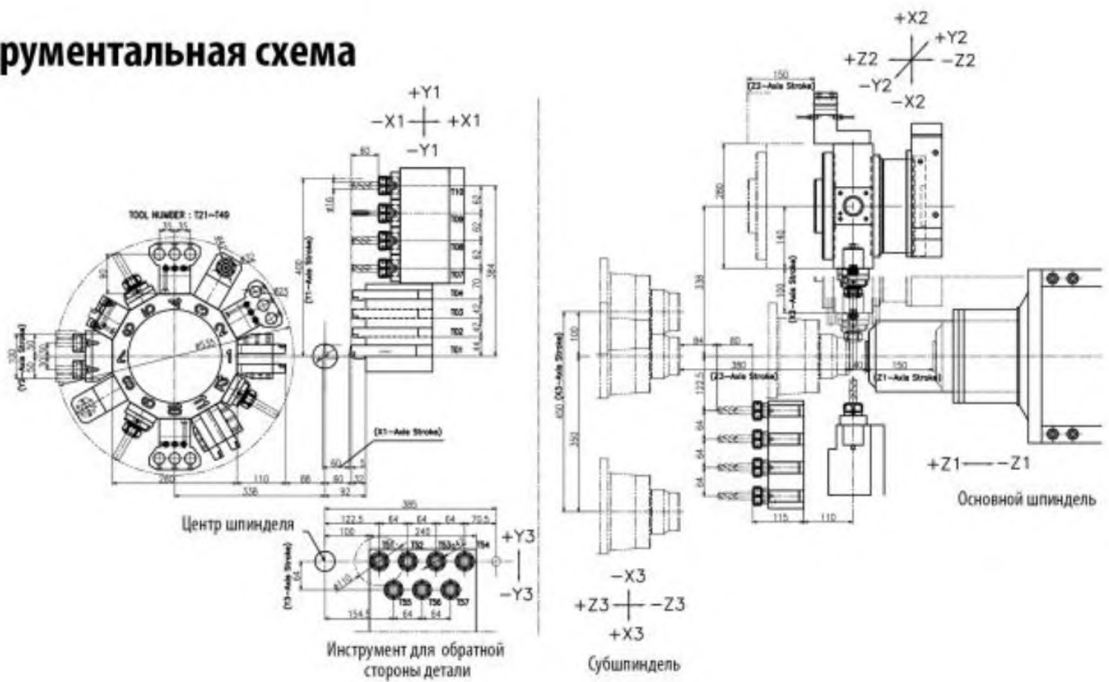


Рисунок 2.3 – Инструментальная схема верстаку

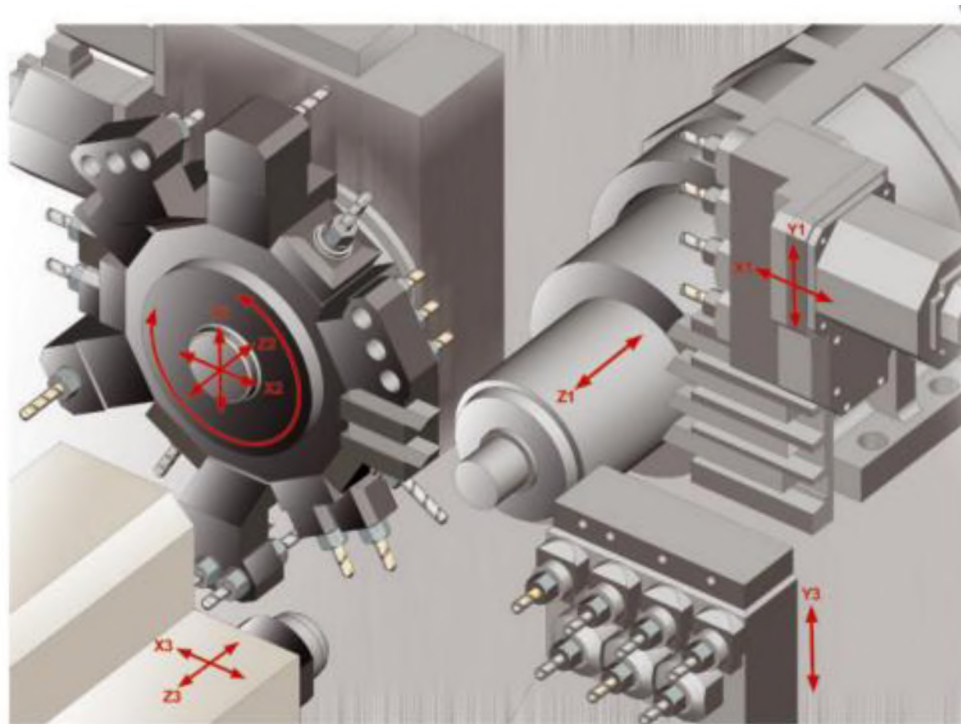


Рисунок 2.4 – Револьверна 12 поз. головка

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Операцію фрезерування буде проводитись на вертикальному фрезерному верстаті «MHD FMZ200».



Рисунок 2.5- ЗубоФрезерний верстат з ЧПК «MHD FMz200»

Таблиця 2.3 - Технічна характеристика верстата

Стол	S.A.E	METRIC
Довжина	52.0 in	1321mm
Ширина	19.5 in	495 mm
Максимальна вага на столі	1750lb	794kg
Максимальний осьовий хід	7.874 in	200mm
Максимальний круг повороту	45°	45°

Для шліфування поверхонь валу, обираю верстат  
«DANOBATGROUP LG-600»



Рисунок 2.6- шліфувальний верстат «DANOBATGROUP CG-1000»

Таблиця 2.4 - Характеристика верстату

		Модель CG-600	Модель CG-1000
Відстань між центрами	mm	600	1000
Шліф. діаметр	mm	440	440
Маса між центрами	kg	80/250	80/250
Діаметр шліф. круга	mm	760	760
Периферійна швидкість круга	m/s	80	80

Операцію довбання будем виконувати на довбальному верстаті з ЧПК «MHD SMZ50» .



Рисунок 2.5 – довбальний верстат з ЧПК « MHD SMZ50»

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика верстату

Максимальний модуль	8	-
Діаметр інструмента	150	мм
Довжина ходу	180	мм
Швидкість ходу шпинделя, що штовхає	50-800	Уд/хв.

### 3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

З урахуванням кількості і змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь, обираємо сучасні типи інструментів, що запропоновані вітчизняними та іноземними виробниками. До кожної поверхні деталі підбираємо та обґрунтовуємо тип інструменту та представляємо його ескіз. Дані занесені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента	Примітка
1	2		4
1	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання Чистове підрізання	Підрізний різець	-
2	Шліфування	Шліфувальний круг	-
3	Чорнове обточування Пів чистове обточування Чистове обточування	Прохідний різець	-
4	Свердління	Свердло	-
5	Нарізання шестерні	Модульна фреза	-
6	Розточення чорнове	Розточний різець	-
7	Чорнове точіння	Прохідний різець	-

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Середа				Лит.	Лист	Листів
Перевір.	Нечасєв					1	29
Н. Контр.	Рязанцев				Гр.ПМ-21ск		
Затвердив	Нечасєв						
Вибір ріжучого та допоміжного інструменту							



З урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, виду обробки і використаних металорізальних верстатів для прийнятих типів металорізальних інструментів, призначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками.

Обираємо інструмент з каталогу [1]

Поз. 1 :

Чорнове підрізання торця.

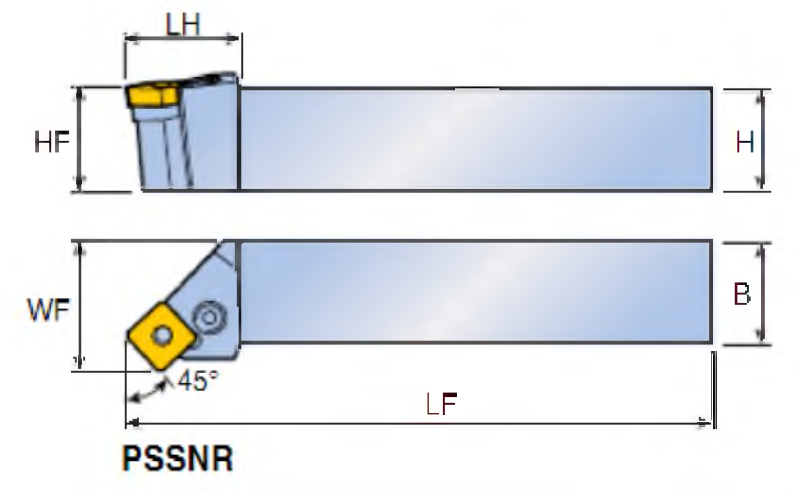


Рисунок 3.1 – Державка PSSNR/L 2525M12 [1, стр.А76]

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=30\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  $wf= 32\text{mm}$ .

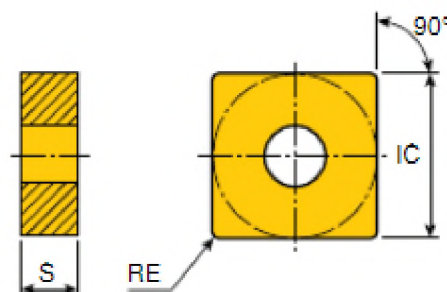


Рисунок 3.2 – Пластина SNMA120408. CVD покриття : TT8115B

[1 ,стр.А268]

Геометричні данні :  $IC= 12.7\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{ mm}$  ,  $RE= 0.4-1.6\text{mm}$

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

Пів чистове підрізання :

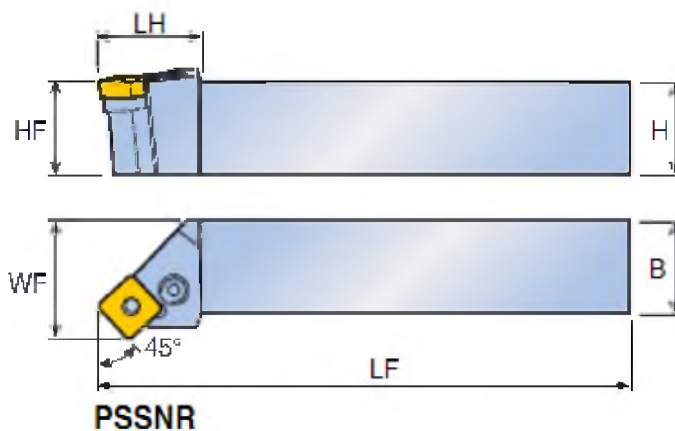


Рисунок 3.3 – Державка PSSNR/L 2525M12 [1, стр.А76]

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=30\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  
 $wf= 32\text{mm}$ .

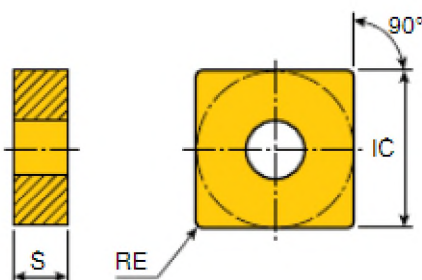


Рисунок 3.4 – Пластина SNMG120408. CVD покриття : TT8115B  
 [1, стр.А270]

Геометричні данні :  $IC= 12.7\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{ mm}$  ,  $RE= 0.4-1.6\text{mm}$

Чистове підрізання :

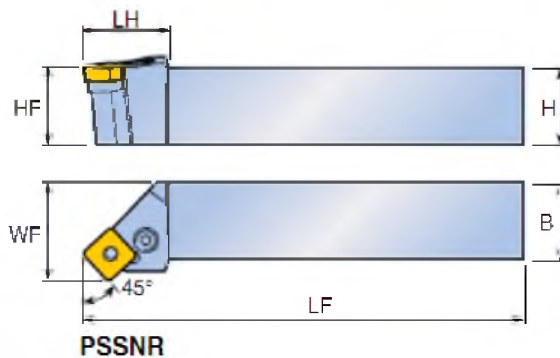


Рисунок 3.5 – Державка PSSNR/L 2525M12 [1, стр.А76]

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=30\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  
 $wf= 32\text{mm}$ .

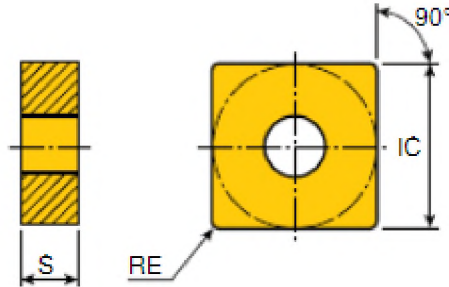


Рисунок 3.6 – Пластина SNMG120408 FC. CVD покриття : TT8125B  
 [1, стр.А76]

Геометричні данні :  $IC= 12.7\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{ mm}$  ,  $RE= 0.4-1.6\text{mm}$

Шліфування :

Обираємо шліфувальний круг [2]

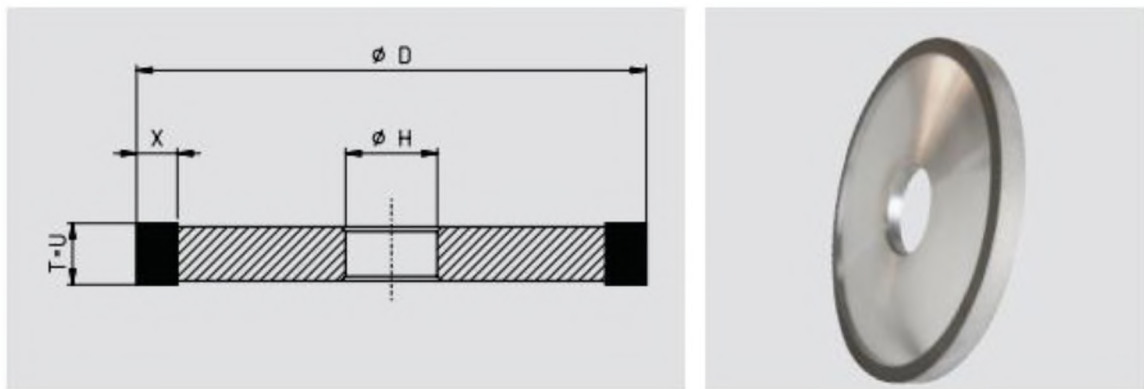


Рисунок 3.7 – Шліфувальний круг [2, стр.50]

DØ	T	X		Bonds available				
		X6	X10	Diamond			CBN	
50	6,8,10	▪		CB4	RM5	RM6/7	CB9	RM9

Рисунок 3.8 – Характеристика шліфувального круга  
 [2, стр.А50]

Позиція 2 – Чорнове обточування :

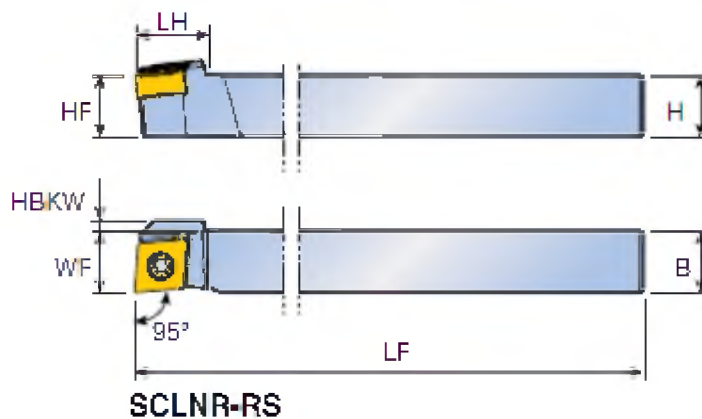


Рисунок 3.9 – Державка SCLNR 1212 K0904-RS [1, стр.А84]

Геометричні параметри:  $h=12\text{mm}$  ,  $b=12\text{mm}$  ,  $lh=14\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  $wf= 12\text{mm}$ .

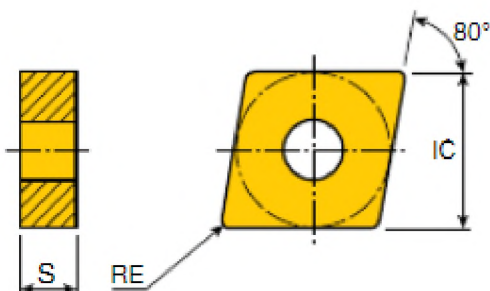


Рисунок 3.10 – Пластина CNMA090412 CVD покриття : TT8125B [1, стр.А250]

Геометричні данні :  $IC= 15.88\text{mm}$  ,  $S=6.35\text{ mm}$  ,  $RE= 1.2-1.6\text{mm}$

Пів чистове обточування :

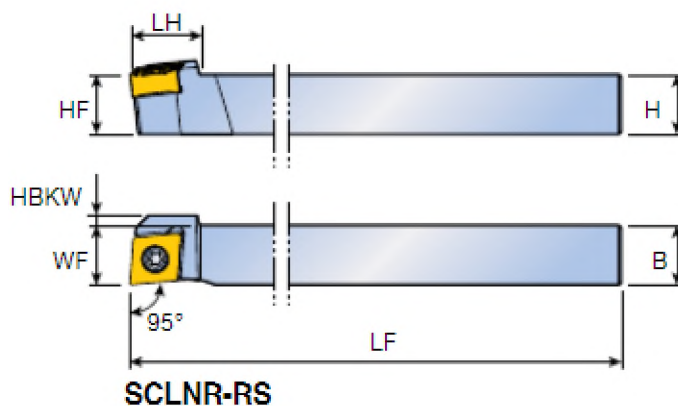


Рисунок 3.11 – Державка SCLNR 1212 K0904-RS [1, стр.А84]

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

Геометричні параметри:  $h=12\text{mm}$  ,  $b=12\text{mm}$  ,  $lh=14\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  
 $wf= 12\text{mm}$

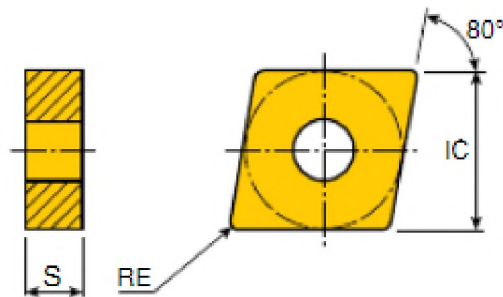


Рисунок 3.12 – Пластина CNGG-090408ML .PVD покриття : TT5080  
 [1, стр.А250]

Геометричні данні :  $IC= 15.88\text{mm}$  ,  $S=6.35 \text{ mm}$  ,  $RE= 1.2-1.6\text{mm}$

Чистове обточування :

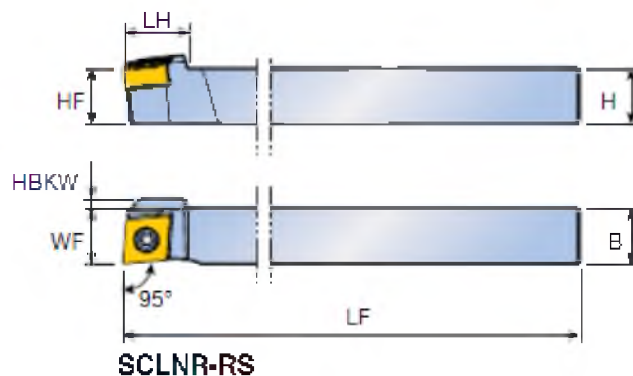


Рисунок 3.13 – Державка SCLNR 1212 K0904-RS[1, стр.А84]

Геометричні параметри:  $h=12\text{mm}$  ,  $b=12\text{mm}$  ,  $lh=14\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  
 $wf= 12\text{mm}$

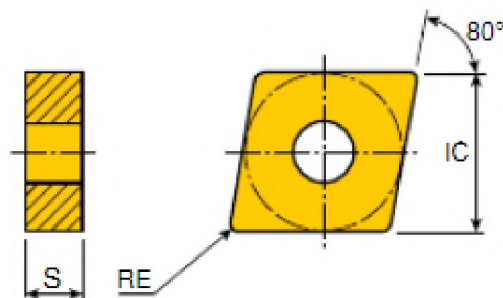


Рисунок 3.14 – Пластина CNMG-090408EA .CVD покриття : TT5080  
 [1, стр.А252]

Геометричні данні :  $IC= 15.88\text{mm}$  ,  $S=6.35 \text{ mm}$  ,  $RE= 1.2-1.6\text{mm}$

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ				

Поз.3,15 - Чорнове розточення :

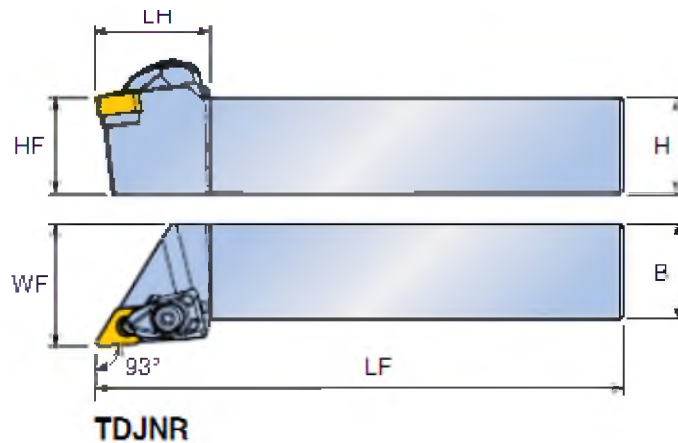


Рисунок 3.15– Державка TDJNR 2525 M15 [1, стр.А113]

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=39\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  
 $wf= 32\text{mm}$ .

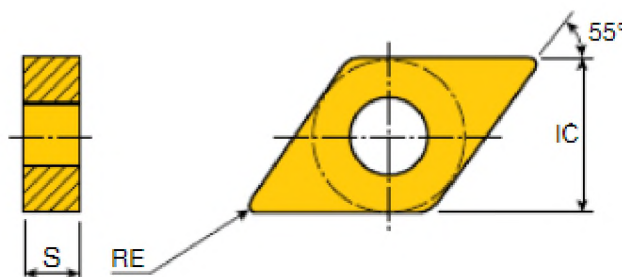


Рисунок 3.16- Пластина DNMG 150612 RT. Покриття CVD : TT8125B  
 [1, стр.А264]

Геометричні данні :  $IC= 12.7\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{-}6.35\text{ mm}$  ,  $RE= 0.4\text{-}1.6\text{mm}$

Поз.4 – Нарізання шестерні

Для нарізання, обираю черв'ячну твердосплавну фрезу [3]



Рисунок 3.17 – Черв'ячна твердосплавна фреза [3, стр.115]

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

Геометричні данні :  $m = 6$  ,  $d_1 = 140$  ,  $l_1 = 150$  ,  $d_2 = 40$  ;

Поз. 5,17– Чорнове підрізання

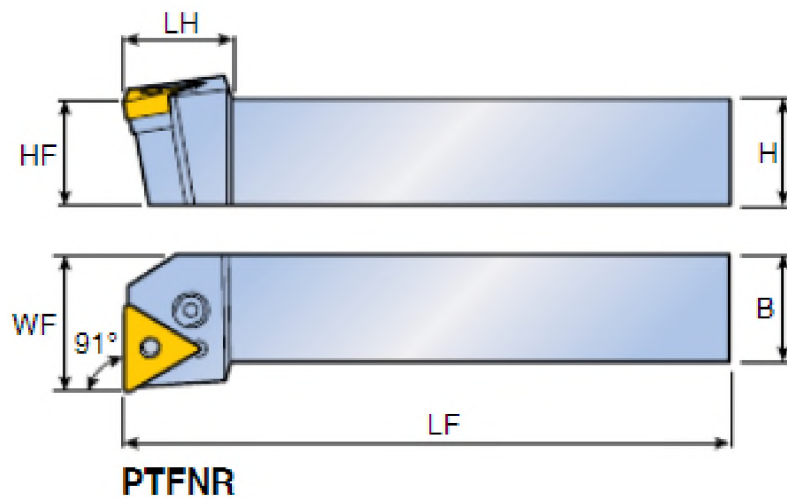


Рисунок 3.18- Державка PTFNR 2525 M16 [1, стр.А77]

Геометричні параметри:  $h = 25\text{mm}$  ,  $b = 25\text{mm}$  ,  $lh = 20\text{mm}$  ,  $lf = 150\text{mm}$  ,  $wf = 32\text{mm}$ .

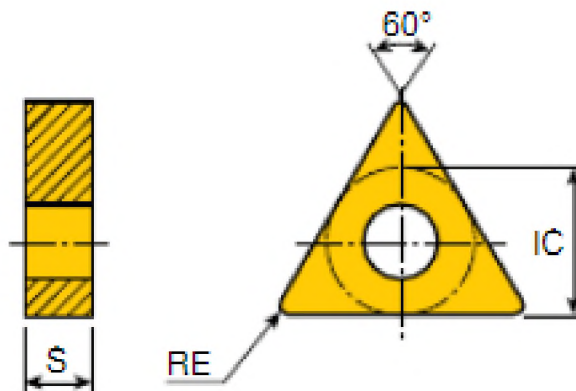


Рисунок 3.19 – Пластина TNMM 160408 RH. Покриття CVD: TT8125B

Геометричні данні :  $IC = 9.52\text{mm}$  ,  $S = 4.76\text{mm}$  ,  $RE = 0.4-1.2\text{mm}$

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Поз. 6 – Чорнове точіння

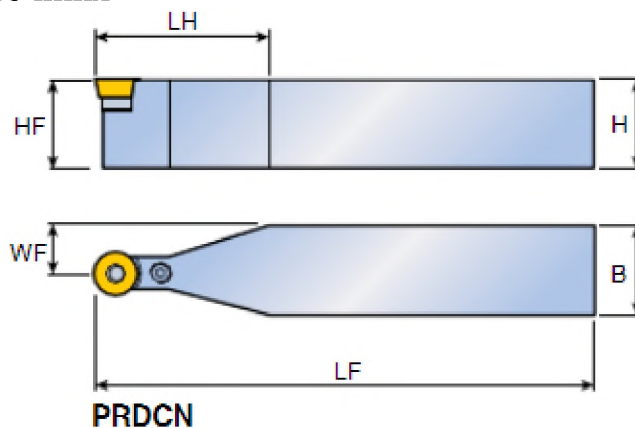


Рисунок 3.20 – PRDCN 2020K12 [1, стр.А72]

Геометричні параметри:  $h=20\text{mm}$  ,  $b=20\text{mm}$  ,  $lh=50\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  $wf= 10\text{mm}$ .

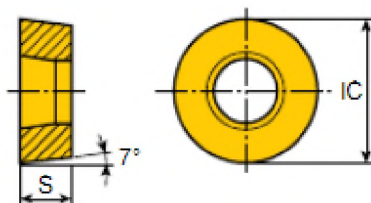


Рисунок 3.21- Пластина RCMX 160600 CVD покриття : TT8125B

Геометричні данні :  $IC= 16\text{mm}$  ,  $S=6.35\text{ mm}$

Поз. 7 – Чорнове обточування

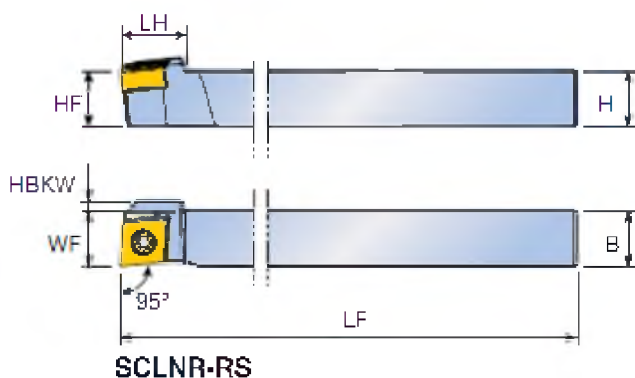


Рисунок 3.22 – Державка SCLNR 1212 K0904-RS[1, стр.А84]

Геометричні параметри:  $h=12\text{mm}$  ,  $b=12\text{mm}$  ,  $lh=14\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  $wf= 12\text{mm}$ .

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9



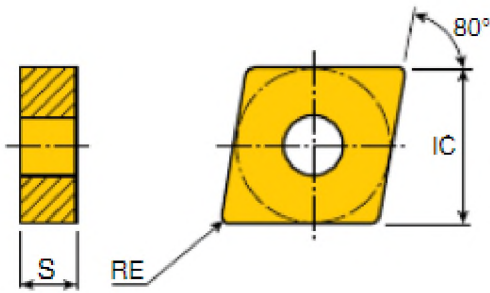


Рисунок 3.23 – Пластина CNMA090412 CVD покриття : TT8125B  
[1, стр.А250]

Геометричні данні : IC= 15.88mm , S=6.35 mm , RE= 1.2-1.6mm

Пів чистове обточування :

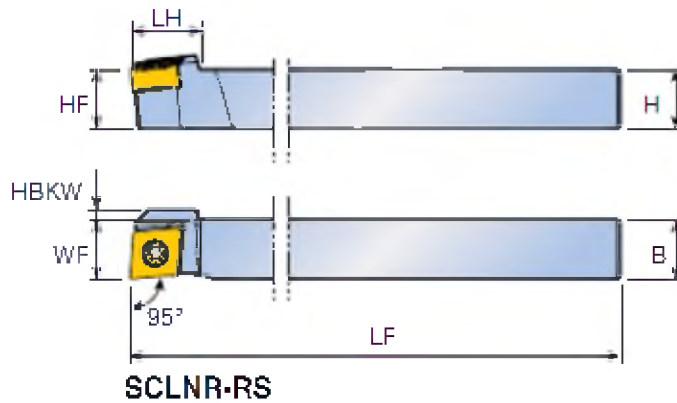


Рисунок 3.24 – Державка SCLNR 1212 K0904-RS[1, стр.А84]

Геометричні параметри: h=12mm , b=12mm , lh=14mm , lf= 125mm ,  
wf= 12mm

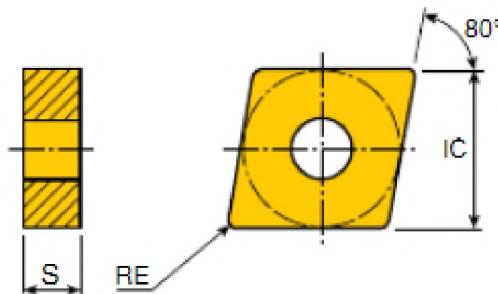


Рисунок 3.25 – Пластина CNGG-090408ML .PVD покриття : TT5080  
[1, стр.А250]

Геометричні данні : IC= 15.88mm , S=6.35 mm , RE= 1.2-1.6mm

					КН КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

Чистове обточування :

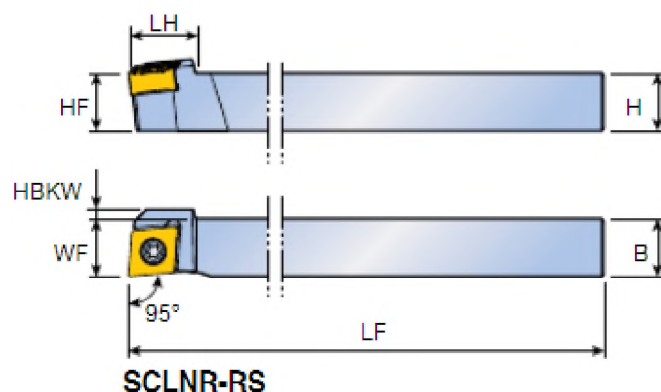


Рисунок 3.26 – Державка SCLNR 1212 K0904-RS[1, стр.А84]

Геометричні параметри:  $h=12\text{mm}$  ,  $b=12\text{mm}$  ,  $lh=14\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  
 $wf= 12\text{mm}$

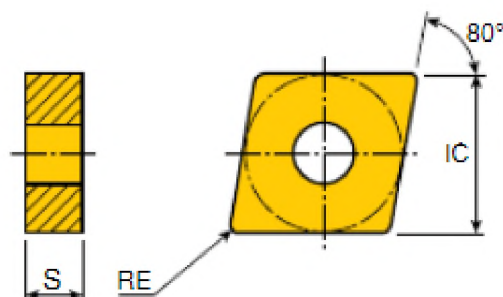


Рисунок 3.27 – Пластина CNMG-090408EA .CVD покриття : TT5080  
 [1, стр.А252]

Геометричні данні :  $IC= 15.88\text{mm}$  ,  $S=6.35\text{ mm}$  ,  $RE= 1.2-1.6\text{mm}$

Шліфування

Обираємо шліфувальний круг [2]

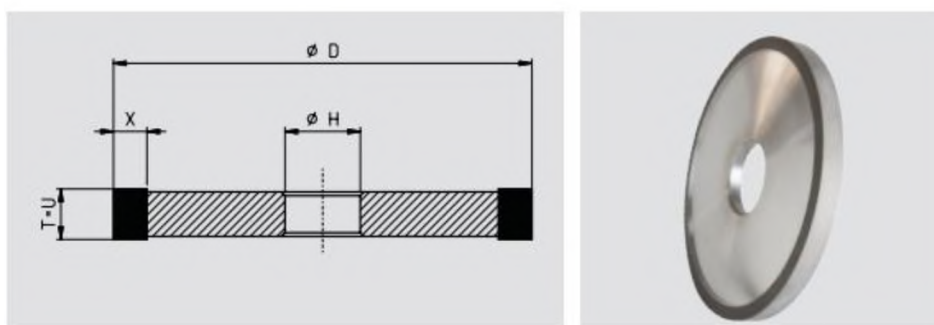


Рисунок 3.28 – Шліфувальний круг [2, стр.115]

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ

Лист

11

Поз.8 – Чорнове підрізання

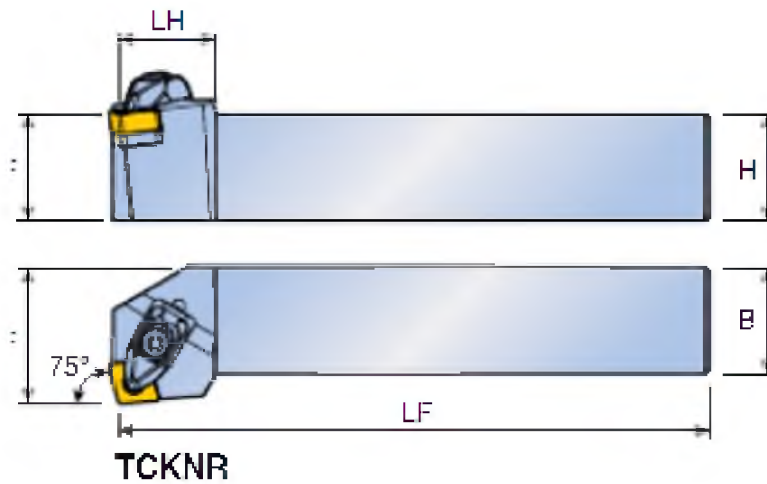


Рисунок 3.30 – Державка TCKNR 2525 M12 [1, стр.А110]

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=25\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  $wf= 32\text{mm}$ .

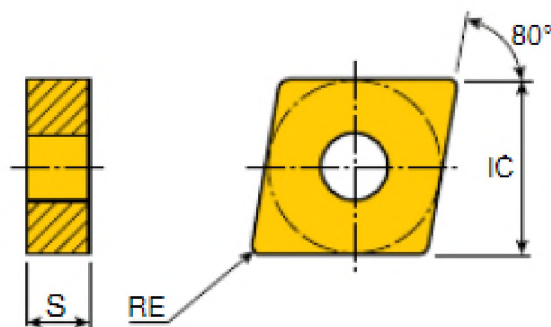


Рисунок 3.31 – Пластина CNMA120412. CVD покриття : TT8115B  
[1, стр.А250]

Геометричні данні :  $IC= 15.88\text{mm}$  ,  $S=6.35 \text{ mm}$  ,  $RE= 1.2-1.6\text{mm}$

Поз. 10 – Сверління  
Обираю свердло [4]

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

# GHD-5D

Сверло со сменными пластинами

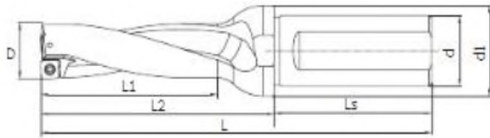


Рисунок 3.32 – Сверло зі змінними пластинами  
GHD-150-5D-RF20-Q04A [4, стр.113]

Диаметр	Корпус сверла	Размер							Пластина
		D	d	d1	Ls	L2	L1	L	
Ф14.0	GHD-140-5D-FC20-Q04A	14.0	20	25	50	88	72	138	QPMG040204
Ф14.5	GHD-145-5D-FC20-Q04A	14.5	20	25	50	88	72	138	
Ф15.0	GHD-150-5D-FC20-Q04A	15.0	20	25	50	93	77	143	

Рисунок 3.33 – Характеристика сверла [4, стр.113]

# QPMG

Сменная пластина

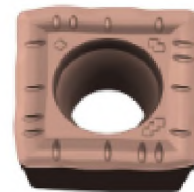
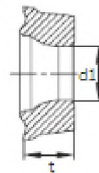
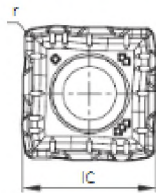


Рисунок 3.34 – Змінна пластина [4, стр.114]

Тип	Сплав		Размер				Диаметр сверла
	GA4230	GS4130	IC	t	r	d1	
QPMG040204-DP	●	●	4.7	2.3	0.4	2.2	Ф14.0 ~ Ф15.9
QPMG050204-DP	●	●	5.7	2.5	0.4	2.6	Ф16.0 ~ Ф15.9

Рисунок 3.35 – Характеристика пластины [4, стр.114]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ

Лист

13

# GHD-2D

Сверло со сменными пластинами

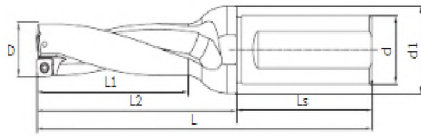


Рисунок 3.36 – GHD-300-2D-FC32-Q09A [4, стр.113]

Геометричні параметри :  $D=30\text{mm}$  ,  $d=32\text{mm}$  ,  $d1=42\text{mm}$  ,  $Ls=60\text{mm}$  ,  $L2=89\text{mm}$  ,  $L1=64$  ,  $L=149\text{mm}$  .

Сменная пластина

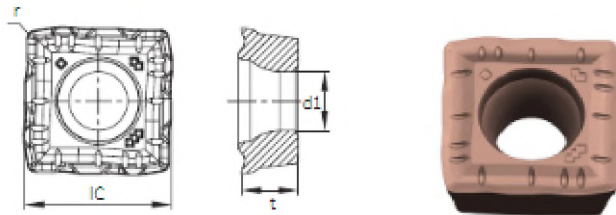
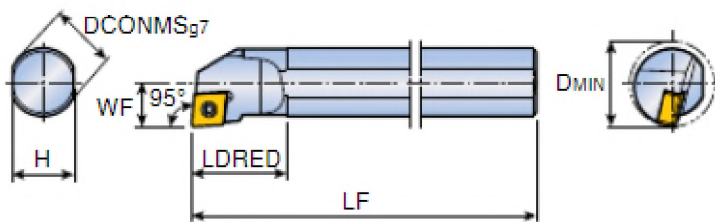


Рисунок 3.37 – Змінна пластина QPMG09T308 [4, стр.114]

Параметри : сплав GA4230 ( універсальний сплав ) ,  $IC=9.7\text{mm}$  ,  $t=3.97\text{mm}$  ,  $r=0.8\text{mm}$  ,  $d1=3.5\text{mm}$  .

Поз.11– Чорнове розточування



## S-SCLNR

Рисунок 3.38– Державка S16Q SCLNR 0904 [1, стр.А200]

Геометричні параметри:  $h=15\text{mm}$  ,  $lh=25\text{mm}$  ,  $lf= 180\text{mm}$  ,  $wf= 11\text{mm}$  ,  $LDRED= 25\text{mm}$  .

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

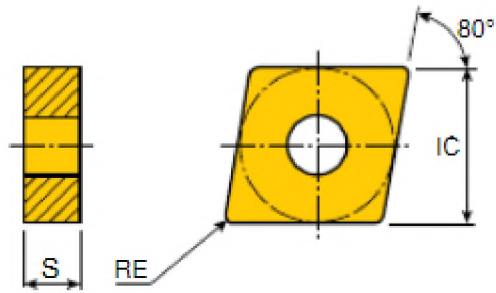
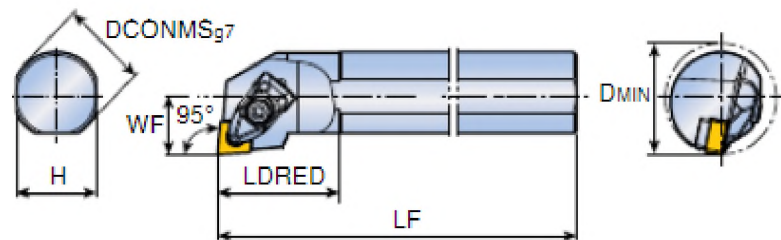


Рисунок 3.39- Пластина CNMA090408 . Покриття CVD – TT81125B  
[1, стр.А253]

Поз.12 – Обираю спеціальний «канавочний різець»

Поз.13– Чорнове підрізання :



### S-TCLNR

Рисунок 3.40 – Державка S25R TCLNR 0904 [1, стр.А223]

Геометричні параметри:  $h=23\text{mm}$  ,  $lf= 200\text{mm}$  ,  $wf= 17\text{mm}$  ,  $LDRED= 35\text{mm}$ .

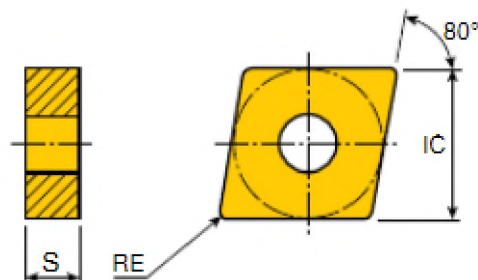
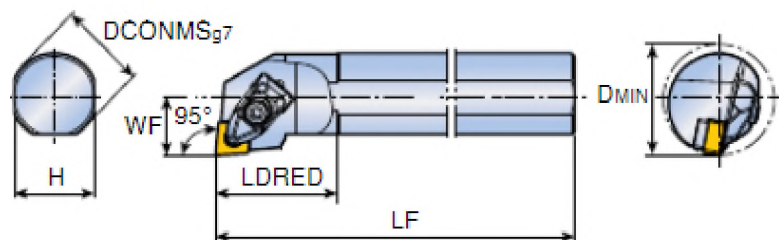


Рисунок 3.41 – CNMA 090408 . Покриття CVD : TT8125B  
[1, стр.А250]

Геометричні данні :  $IC= 9.52\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{mm}$  ,  $RE= 0.1-1.2\text{mm}$

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

Поз. 16 :  
 Чорнове підрізання :



**S-TCLNR**

Рисунок 3.42 – Державка S25R TCLNR 0904 [1, стр.А223]

Геометричні параметри:  $h=23\text{mm}$  ,  $lf= 200\text{mm}$  ,  $wf= 17\text{mm}$  ,  $LDRED= 35\text{mm}$ .

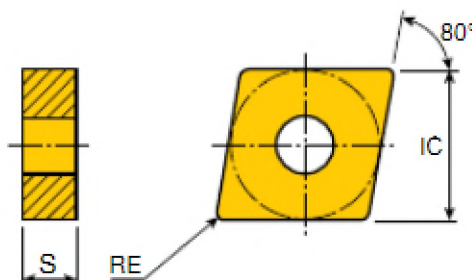
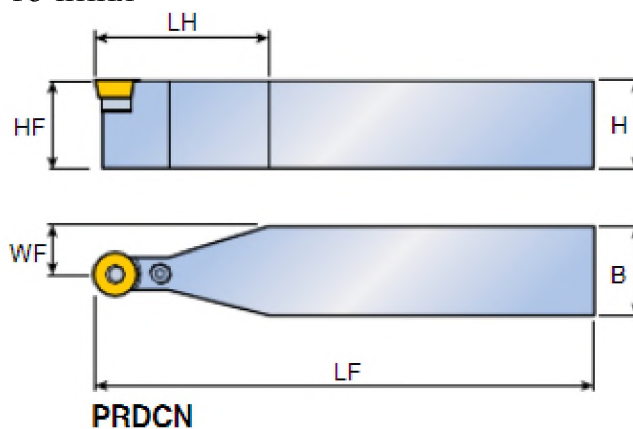


Рисунок 3.43 – CNMA 090408 . Покриття CVD : TT8125B  
 [1, стр.А250]

Поз.18 – Чорнове точіння



**PRDCN**  
 Рисунок 3.44 – PRDCN 2020К12 (стр.А72)

Геометричні параметри:  $h=20\text{mm}$  ,  $b=20\text{mm}$  ,  $lh=50\text{mm}$  ,  $lf= 125\text{mm}$  ,  
 $wf= 10\text{mm}$ .

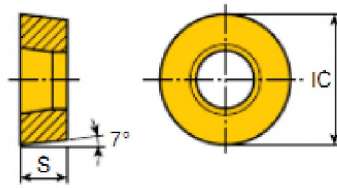


Рисунок 3.45- Пластина RCMX 160600 CVD покриття : TT8125B  
 Геометричні данні : IC= 16mm , S=6.35 mm ,  
 Поз. 19 Чорнове підрізання.

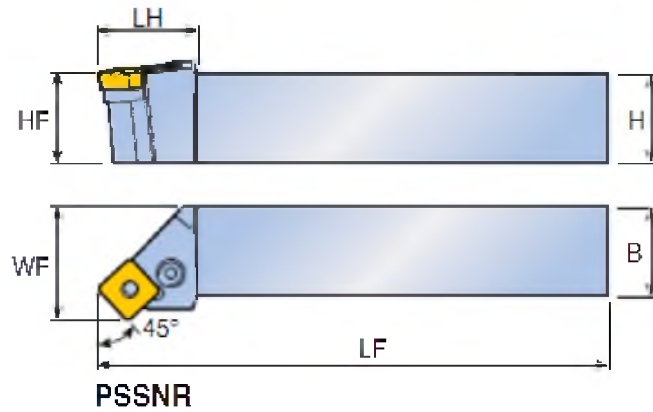


Рисунок 3.46 – Державка PSSNR/L 2525M12 [1, стр.А76]

Геометричні параметри: h=25mm , b=25mm , lh=30mm , lf= 150mm ,  
 wf= 32mm.

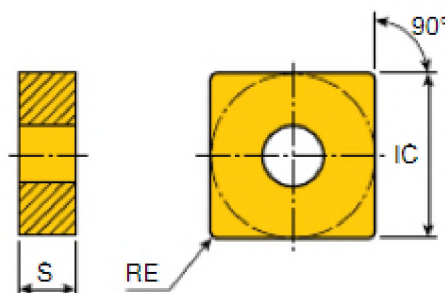


Рисунок 3.47 – Пластина SNMA120408. CVD покриття : TT8115B  
 [1 ,стр.А268]

Геометричні данні : IC= 12.7mm , S=4.76 mm , RE= 0.4-1.6mm



Пів чистове підрізання :

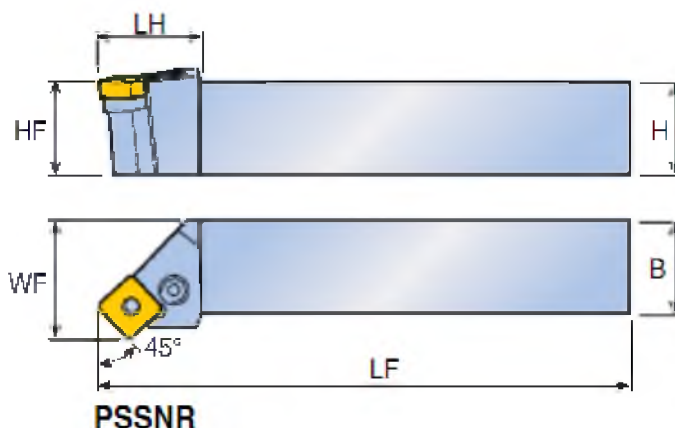


Рисунок 3.48 – Державка PSSNR/L 2525M12 [1, стр.А76]

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=30\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  $wf= 32\text{mm}$ .

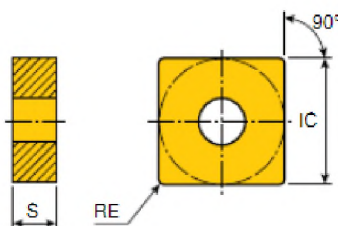


Рисунок 3.49 – Пластина SNMG120408. CVD покриття : TT8115B  
[1, стр.А270]

Геометричні данні :  $IC= 12.7\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{ mm}$  ,  $RE= 0.4-1.6\text{mm}$

Чистове підрізання :

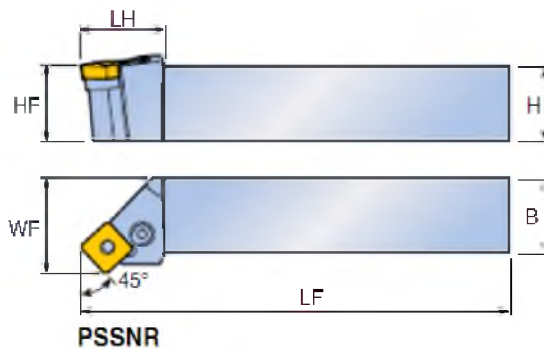


Рисунок 3.50 – Державка PSSNR/L 2525M12 [1, стр.А76]

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Геометричні параметри:  $h=25\text{mm}$  ,  $b=25\text{mm}$  ,  $lh=30\text{mm}$  ,  $lf= 150\text{mm}$  ,  
 $wf= 32\text{mm}$ .

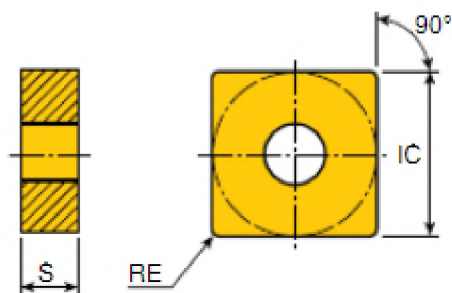


Рисунок 3.51 – Пластина SNMG120408 FC. CVD покриття : TT8125B  
 [1, стр.А76]

Геометричні данні :  $IC= 12.7\text{mm}$  ,  $S=4.76\text{ mm}$  ,  $RE= 0.4-1.6\text{mm}$

Поз.20- Чорнове розточення

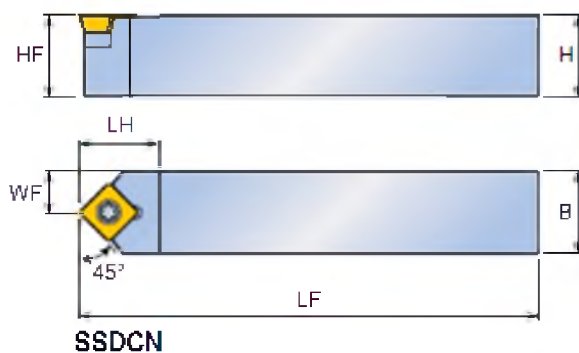


Рисунок 3.52- Державка SSDCN1212F09 [1, стр.А95]

Геометричні параметри:  $h=12\text{mm}$  ,  $b=12\text{mm}$  ,  $lh=15.5\text{mm}$  ,  $lf= 80\text{mm}$  ,  
 $wf= 6\text{mm}$ .

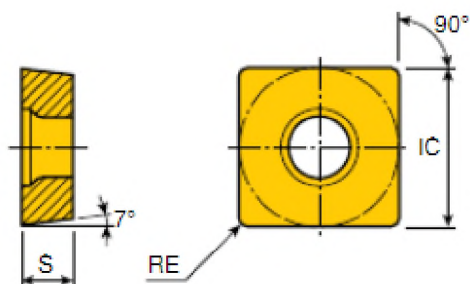


Рисунок 3.53 - Пластина SCMT09T308FG . CVD покриття : TT8125B  
 [1, стр.А304]

Таблиця 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ 3/п поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки(корпуса ,хвостовика) Інструмента	Геометрич ні параметри різальної частини
1	2	3	4	5
1	Підрізний різець	Чорн-ТТ8115В п/ч- ТТ8115В чис.ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 90^\circ$
2	Прохідний різець	Чорн-ТТ8115В п/ч- ТТ5080В чис.ТТ5080В	Сталь 40	$\epsilon = 80^\circ$
3,15	Прохідний різець	Чорн-ТТ8115В	Сталь 40	$\epsilon = 80^\circ$
4	Черв'ячна фреза	HSS	-	-
5,17	Підрізний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 90^\circ$
6	Підрізний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 90^\circ$
7	Прохідний різець	Чорн-ТТ8115В п/ч- ТТ8115В чис.ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 55^\circ$
8	Підрізний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 60^\circ$
9	Прохідний упорний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 80^\circ$
10	Свердло	GS4130	Сталь У10	-
11	Розточний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\epsilon = 90^\circ$

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
12	Канавочний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	-
13	Прорізний різець	Чорн.-ТТ8115В	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
14	Розточний різець	Чорн.-ТТ8115В	Сталь 40	$\varepsilon = 60^\circ$
16	Розточний різець	Чорн.-ТТ8115В	Сталь 40	$\varepsilon = 60^\circ$
18	Підрізний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
19	Підрізний різець	Чорн.-ТТ8125В	Сталь 40	$\varepsilon = 60^\circ$

### 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів різальної частини і габаритів, визначених за умовою міцності, призначаються типорозміри металорізальних інструментів, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками. Дані занесено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Вибір типорозміру різальних інструментів

№ п/з поверхні	Тип інструменту і пластини	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1	Підрізний різець	h=25mm , b=25mm , lh=30mm ,lf= 150mm , wf= 32mm та IC= 12.7mm , S=4.76 mm , RE= 0.4- 1.6mm	Чорн.- ТТ8115В Пів.ч - ТТ8115В Чист - ТТ8125В	Чорн. – пів.чист, чист.- PSSNR/L 2525M12

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
2	Прохідний різець	h=12mm , b=12mm ,lh=14mm ,lf=125mm , wf= 12mm  та IC= 15.88mm,S=6.35 mm , RE= 1.2- 1.6mm	Чорн.- TT8115B Пів.ч - TT8115B Чист - TT8125B	Чорн. – пів.чист, чист.- SCLNR 1212 K0904-RS
3,15	Прохідний різець	h=25mm , b=25mm , lh=39mm ,lf= 150mm , wf= 32mm. IC= 12.7mm , S=4.76-6.35 mm , RE= 0.4-1.6mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - TDJNR 2525 M15
5,17	Підрізний різець	h=25mm , b=25mm , lh=20mm ,lf= 150mm , wf= 32mm. IC= 9.52mm , S=4.76 mm , RE= 0.4-1.2mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - PTFNR 2525 M16
6	Підрізний різець	: h=20mm , b=20mm , lh=50mm ,lf= 125mm , wf= 10mm. IC= 16mm , S=6.35mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - PRDCN 2020K12
7	Прохідний різець	h=12mm , b=12mm , lh=14mm ,lf= 125mm , wf= 12mm. IC= 16mm , S=6.35mm	Чорн.- TT8115B Пів.ч - TT8115B Чист - TT8125B	Чорн. – пів.чист, чист.- SCLNR 1212 K0904-RS

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
8	Підрізний різець	h=25mm , b=25mm , lh=25mm ,lf= 150mm , wf= 32mm. IC= 15.88mm , S=6.35 mm , RE= 1.2-1.6mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - TCKNR 2525 M12
(9)	Прохідний різець	h=12mm , b=12mm ,lh=14mm ,lf=125mm , wf= 12mm	Чорн.- TT8115B	Чорн. - SCLNR 1212 K0904-RS
10	Свердло	D=30mm , d=32mm, d1=42mm, Ls=60mm, L2=89mm, L1=64, L=149mm.	GS4130	GHD-300- 2D-FC32- Q09A
11	Розточний різець	h=15mm , lh=25mm ,lf= 180mm , wf= 11mm , LDRED= 25mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - S16Q SCLNR 0904
12	Спеціальний Канавочний різець	-	-	-
13	Прорізний різець	h=23mm ,lf= 200mm , wf= 17mm , LDRED= 35mm IC= 9.52mm , S=4.76mm , RE= 0.1- 1.2mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - S25R TCLNR 0904
16	Розточний різець	h=23mm ,lf= 200mm , wf= 17mm , LDRED= 35mm	Чорн. - TT8115B	Чорн. - S25R TCLNR 0904
18	Підрізний різець	h=20mm , b=20mm , lh=50mm ,lf= 125mm , wf= 10mm.	Чорн. - TT8115B	Чорн.- PRDCN 2020K12

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
19	Підрізний різець	h=25mm , b=25mm , lh=25mm , lf= 150mm , wf= 32mm	Чорн.- TT8115B Пів.ч - TT8115B Чист - TT8125B	Чорн. – пів.чист, чист.- PSSNR/L 2525M12
20	Прохідний різець	h=12mm , b=12mm , lh=15.5mm , lf= 80mm , wf= 6mm.	Чорн.- TT8115B	Чорн. – SSDCN12 12F09

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з прийнятих типів інструментів вибираються найбільш навантажені умови роботи (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата і режими різання) визначаються сили різання. Бажано включити автоматизований розрахунок режимів різання. Прийнятий інструмент перевіряється на міцність для найбільш навантажених умов обробки.

Для розрахунку обираю прохідний різець SCLNR 1212 K0904-RS, так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку, та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця : h=12mm , b=12mm , l=125mm. Матеріал різця – сталь 40 з межою міцності  $\sigma_{i.d} = 200$  МПа, матеріал заготовки – сталь 40x з межою міцності  $\sigma = 980$  МПа . Діаметр заготовки – 70мм, припуск на обробку ( на сторону – 5мм ), подача S= 0.7мм/об, виліт різця l= 55мм .

1. Визначаємо силу різання :

$$P_z = 9,81 C_{pz} t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} K_{pz}; \text{ Н}$$

де:  $K_{pz} = 1$  сумарний поправочний коефіцієнт;

$X_{pz} = 0,15$  — показник степені при глибині різання;

$y_{pz} = 0,45$  — показник степені при подачі.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = 9,81 * 350 * 5^{0,15} * 0,7^{0,45} * 1 = 3123 \text{ Н}$$

2. Ширина висоти перетину державки  $h=12 \text{ mm}$  ;  $b=12 \text{ mm}$  .
3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця :

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця :

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{ug}}{6l} = \frac{12 * 10^{-3} * (12 * 10^{-3})^2 * 200 * 10^6}{6 * 65 * 10^{-3}} = 3886 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження , допустима жорсткість різця :

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 * 0,1 * 10^{-3} * 2 * 10^{11} * 0,145 * 10^{-7}}{(65 * 10^{-3})^3} = 3768 \text{ Н}$$

Де :  $f = 0,1 \text{ мм}$  – допустима стріла прогину при чорновому точінні ;

$E = 2 \times 10^{11} \text{ Па}$  – модуль пружності матеріалу державки ;

$J$  – момент інерції прямокутного перетину державки ;

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{12^3 + 12}{12} = 145 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість :

$$P_{z \text{ доп}} > P_z < P_{z \text{ жорс}}$$

$$3895 > 3123 < 3768$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

### 3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі

Враховуючи параметри поверхонь посадочних місць верстата під різальний інструмент та параметри поверхонь посадочних різальних інструментів , призначаємо типи допоміжних інструментів за міжнародними стандартами до кожного обраного різального інструменту . Дані занесемо в таблицю 2.4

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 3.4 Інструментальне налагодження

№ з/п поверхні	Верстат	Параметр и посадочного місця під інструмент	Тип ріжучого інструменту	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент (шифр)
1	2	3	4	5	6
1,5,17	«Nextturn NST-56/67»	-	PSSNR/L 2525M12 PTFNR 2525 M16	h=25mm , b=25mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1: 409.31.25 В1-40x25x44
2,7,9	«Nextturn NST-56/67»	-	SCLNR 1212 K0904-RS	h=12mm , b=12mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1: 390.25.12 В1-35x25x12
3,15	«Nextturn NST-56/67»	-	TDJNR 2525 M15	h=25mm , b=25mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1: 409.31.25 В1-40x25x44
6	«Nextturn NST-56/67»	-	PRDCN 2020K12	h=20mm , b=20mm	Різетримач радіальний повернутий , тип В4 – 30x20x40
8	«Nextturn NST-56/67»	-	TCKNR 2525 M12	h=25mm , b=25mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1: 409.31.25 В1-40x25x44
10	«Nextturn NST-56/67»	-	GHD-300-2D-FC32-Q09A	d=32mm	Тримач для свердла з МНП , тип : Е1- 40x32
11	«Nextturn NST-56/67»	-	S16Q SCLNR 0904	d=16mm	Тримач для розточних різців Е2-40x16

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
13	«Nextturn NST- 56/67»	-	S25R TCLNR 0904	h=23mm , lf= 200mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1-35х23х10
16	«Nextturn NST- 56/67»	-	S25R TCLNR 0904	h=23mm , b=23mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1-40х23х30
18	«Nextturn NST- 56/67»	-	PRDCN 2020K12	h=20mm , b=20mm	Різетримач радіальний повернутий , тип В4 – 30х20х40
19	«Nextturn NST- 56/67»	-	PSSNR/L 2525M12	h=25mm , b=25mm	Різетримач радіальний повернутий , тип В4 – 30х25х30
20	«Nextturn NST- 56/67»	-	SSDCN 1212F09	h=12mm , b=12mm	Різетримач радіальний короткий, тип В1-30х12х25



Рисунок 3.54 – Різетримач короткий В1

					КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

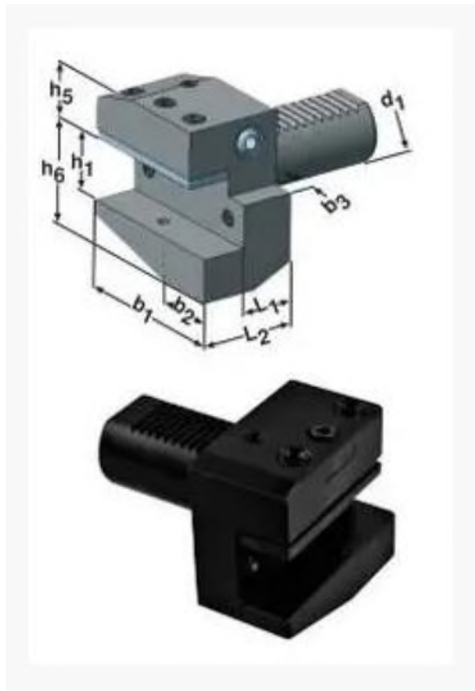


Рисунок 3.55 – Різцетримач радіальний В1



Рисунок 3.56 – Тримач для свердла Е1



Рисунок 3.57 – Різцетримач радіальний повернутий В4

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.2-06.03.ВРІ

Лист

## 4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту

### 4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструмента – черв'ячної модульної фрези.

Вихідні данні :

$$m = 6 \text{ mm} ;$$

$$\alpha_0 = 20^\circ - \text{кут зачеплення} ;$$

складена – конструкція фрези ;

Рішення

1. Крок за нормаллю

$$t_n = \pi m = \pi \times 6 = 18,849 \text{ мм.}$$

2. Товщина зуба фрези, виміряна в нормальному січенні на ділильному колі

$$S_n = \frac{t_n}{2} = \frac{\pi m}{2} = \frac{18,849}{2} = 9,424 \text{ мм.}$$

3. Висота головки зуба для не корегованого зубчастого зачеплення

$$h' = qm = 1,25 \times 6 = 7,5 \text{ мм.}$$

де q – коефіцієнт висоти зуба :

$$q = 1,25 - \text{для некорегованих коліс} ;$$

$$q = 0,8 \dots 1,00 - \text{для корегованих коліс} ;$$

4. Висота ніжки зуба для не корегованого зубчастого зачеплення

$$h'' = qm = 1,25 \times 6 = 7,5 \text{ мм.}$$

5. Повна висота зуба фрези

$$h = h' + h'' = 7,5 + 7,5 = 15 \text{ мм.}$$

6. Радіус округлення головки зуба

$$r_1 = 0,25m = 0,25 \times 6 = 1,5 \text{ мм.}$$

7. Радіус округлення ніжки зуба

$$r_2 = 0,3m = 0,3 \times 6 = 1,8 \text{ мм.}$$

8. Товщина зуба на його вершині

$$s_a = s_n - 2h' \operatorname{tg} \alpha_0 = 9,424 - 2 \times 7,5 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 3,964 \text{ мм.}$$

9. Розміри канавки, призначеної для полегшенні процесу шліфування профілю зуба :

- ширина канавки 5 мм;

- глибина канавки 1 мм;

- радіус округлення канавки  $r = 1 \text{ мм.}$

КНУ.КБР.131.24.2-06.04.ПТІА

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Середа				Лист	Лист	Листів
Перевір.	Нечаєв					1	7
Н. Контр.	Рязанцев				Гр.ПМ-21ск		
Затвердив	Нечаєв						

Проектування та  
інженерний аналіз  
різального інструменту

Загалом ці параметри призначають, виходячи з конструктивних міркувань, виконавши робоче креслення фрези.

10. Зовнішній діаметр  $D_e$  фрези

$$D_e = 12,8m + 12,7 = 12,8 \times 6 + 12,7 = 89,5 \text{ мм.}$$

Розраховане значення необхідно округлити :

- для фрез із модулем  $m \leq 6$  до найближчого більшого кратного 5 (п'яти) ;
- для фрез із модулем  $m \geq 6,5$  до найближчого більшого кратного 10 (десяти) .

Отже, враховуючи , що  $m = 6$  приймаємо  $D_e = 90$  мм.

11. Орієнтовна ( у першому наближенні) величина кута нахилу стружкової канавки

$$\sin \omega \approx \frac{m}{D_e} = \frac{6}{90} = 0,0666.$$

Звідки  $\omega = 0,0666$  рад.

12.Профільний кут для правої та лівої сторін зуба на ділильному циліндрі

$$\begin{aligned} \alpha_{np} &= -8646454\omega^2 + 0,260337\omega + 19,998634 \\ &= -8,646454 \times 0,0666^2 + 0,260337 \times 0,0666 + 19,998634 \\ &= 19^\circ 58' 39''. \end{aligned}$$

13. Передній кут  $\gamma = 0^\circ$ .

14.1 Задній кут на вершині зуба приймаємо  $\alpha_B = 10^\circ$

14.2 Перевіряємо величину заднього кута на бокових сторонах профілю зуба

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бок}} = \operatorname{tg} \alpha_B \sin \alpha_0 = \operatorname{tg} 10^\circ \sin 20^\circ = 3,4512.$$

Звідки маємо  $\alpha_{\text{бок}} = 3^\circ 27'$  . Так як  $\alpha_{\text{бок}} > 3^\circ$  залишаємо прийняту величину заднього кута на вершині зуба  $\alpha_B = 10^\circ$  .

15. Кількість зубів  $z$  фрези приймаємо залежно від модулю  $m$  .

Для цільних чорнових фрез

$m$ , мм	1...2	2,25...3,75	4...9	10...20
$z$	12	10	8...9	8

Для складених та чистових фрез

$m$ , мм	1...2	2,25...3,75	4...9	10...20
$z$	12...14	12	10...12	10

Так , як за умовами завдання проектуємо фрезу складеної конструкції приймаємо  $z = 12$ .

16. Величина затилування

$$k = \frac{\pi D e}{z} \operatorname{tg} \alpha_B = \frac{\pi 90}{12} \operatorname{tg} 10^\circ = 4,154 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $K = 4 \text{ мм.}$

17. Так , як фреза має складену конструкцію , є можливість зменшити діаметр корпусу, тому немає потреби застосовувати друге затилування.

18. Глибина канавки для видалення стружки

$$H = h + K + r = 15 + 4 + 1 = 20 \text{ мм.}$$

19. Кут  $\theta$  стружкової канавки приймаємо  $\theta = 20^\circ$  . Так, як фреза має складену конструкцію , необхідно визначити розміри вставного різального елемента. Це , краще за все, здійснити виконавши графічні побудови.

20. Діаметр корпусу  $D_{\text{корп}}$  доцільно визначити графічно, викресливши його у масштабі 1:1.

21. Довжина робочої частини фрези

$$L \geq 13m = 13 \times 6 = 78 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $L = 80 \text{ мм.}$

22. Розміри бокових кілець та бортиків визначаємо із графічних побудов. Діаметр посадкового отвору  $d$  можливо вибрати залежно від діаметру  $D_{\text{корп}}$  корпусу :

$D_{\text{корп}}$ , мм	50...65	70...90	100...125	140...195	215...230
$d$ , мм	22	27	32	40	50

23. Середній розрахунковий діаметр фрези

$$D_t = D e - 2h' - 0,25k = 90 - 2 \times 7,5 - 0,25 \times 4 = 74 \text{ мм.}$$

24. Остаточо кут нахилу стружкових канавок

$$\sin \omega = \frac{m}{D_t} = \frac{6}{74} = 0,081$$

Звідки маємо  $\omega = 4^\circ 38'$  .

25. Крок гвинтової стружкової канавки

$$s = \pi \frac{D_t}{\operatorname{tg} \omega} = \pi \frac{74}{\operatorname{tg} 4^\circ 38'} = 2868,55 \text{ мм.}$$

26. Крок витка зубів в осьовому напрямку

$$t_{\text{ос}} = \frac{t_n}{\cos \omega} = \frac{18,849}{\cos 4^\circ 38'} = 18,91 \text{ мм.}$$

27. Кут нахилу пазу для різальних пластин  $\omega = 4^\circ 25'$  .

## 4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для виконання інженерного аналізу спеціального різального інструменту буду використовувати програму для моделювання «SolidWorks» .

Створюю новий файл, та відтворюю моделлю там черв'ячну фрезу.



Рисунок 4.1 – Створена модель черв'ячної фрези

Далі обираю матеріал для фрези. Потім активую доповнення «SolidWorks Simulation Professional». У вкладці Simulation ,обираю «Нове дослідження», та обираю «Статичне». Додаю фіксовану геометрію та шарнір, для моделювання кріплення фрези на верстаті. У полі «зовнішнє навантаження» додаю силу, що діють на зуб фрези під час різання.

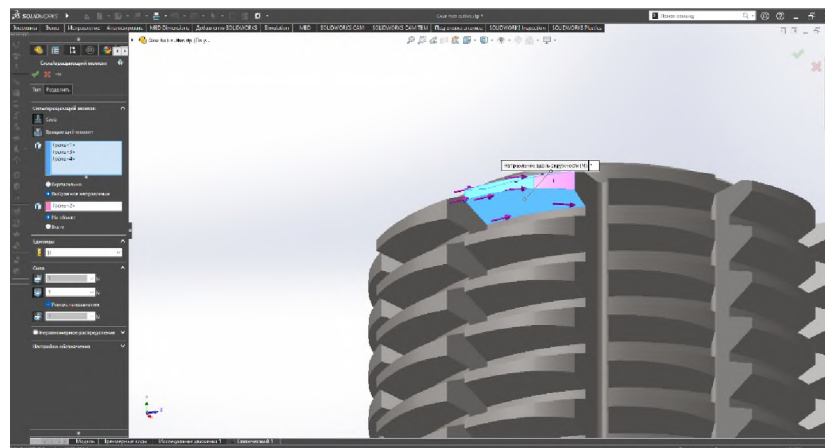


Рисунок 4.2 – Сили на зубі

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Створюю сітку , та натискаю «виконати дослідження». Фіксую отриманий результат.

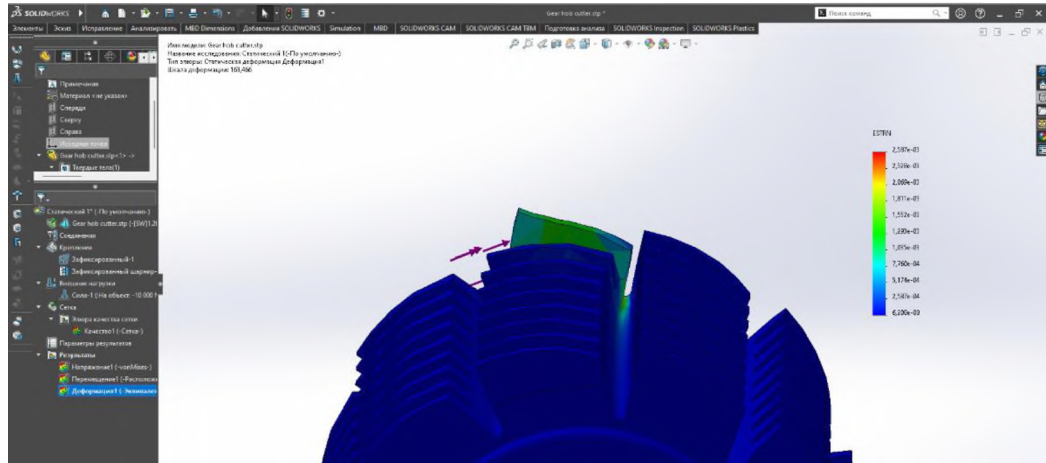


Рисунок 4.3 – Деформація зуба

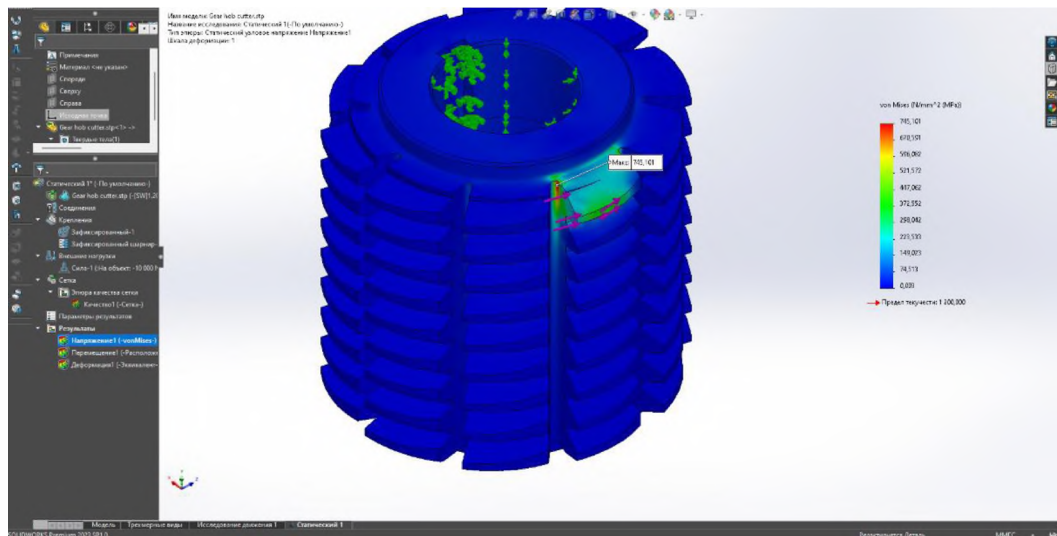


Рисунок 4.4 – Навантаження на зуб



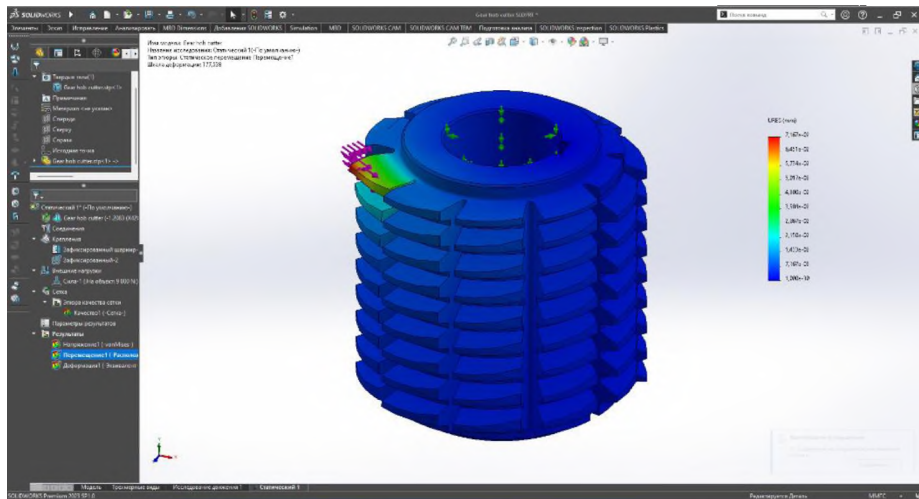


Рисунок 4.5 – Результат епюри «переміщення»

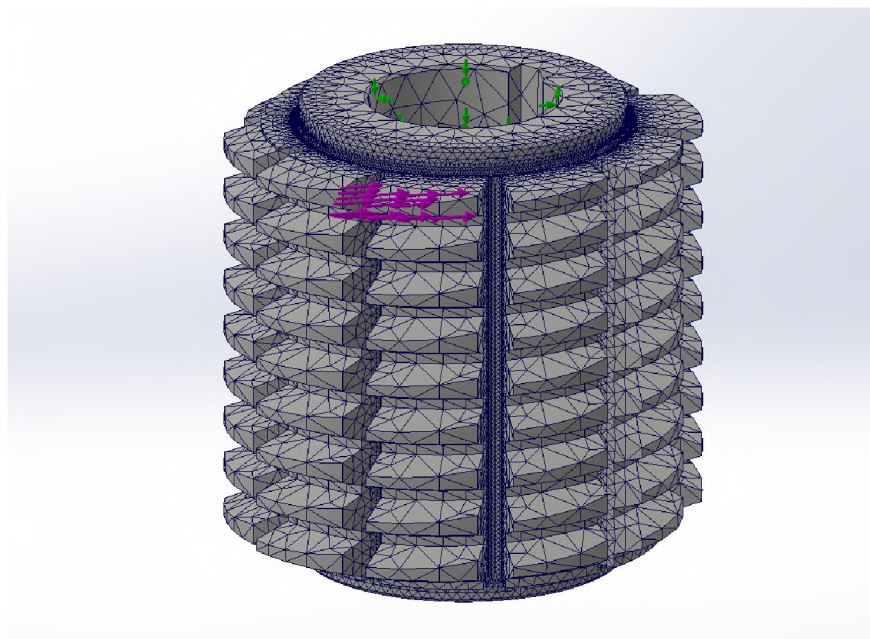


Рисунок 4.6 – Сітка моделі

					КНУ.КБР.131.24.2-06.04.ПТІА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

З наданих результатів моделювання черв'ячної фрези в SolidWorks Simulation можна зробити такі висновки:

1. Деформація зуба фрези під дією зазначених сил різання (Рисунок 4.3). Ми бачимо, що під впливом навантаження зуб фрези дещо деформується, що може вплинути на точність обробки та якість поверхні деталі. Проте, без додаткової інформації про допустимі межі деформації, важко зробити однозначний висновок про придатність інструменту.
2. Розподіл навантажень на зуб фрези (Рисунок 4.4). Епюра напружень показує, що найбільші напруження зосереджені в основі зуба фрези, що є критичною зоною з точки зору міцності інструменту. Необхідно впевнитись, що розрахункові напруження не перевищують межу міцності матеріалу фрези.
3. Аналіз переміщень (Рисунок 4.5). Епюра переміщень дозволяє оцінити величину прогину фрези під навантаженням. Надмірний прогин може негативно позначитися на якості обробки та експлуатаційному ресурсі інструменту.
4. Сітка моделі (Рисунок 4.6). Якість та щільність сітки кінцевих елементів впливає на точність розрахунків. Потрібно переконатися, що сітка достатньо згущена в місцях концентрації напружень для отримання достовірних результатів.

Загалом, проведене моделювання дозволяє оцінити поведінку черв'ячної фрези під навантаженнями та виявити потенційно критичні зони. Однак для остаточних висновків про працездатність інструменту необхідно провести порівняння отриманих результатів з допустимими межами міцності, жорсткості та експлуатаційними обмеженнями, встановленими виробником або нормативними документами. Також бажано розглянути різні варіанти конструкції або матеріалу фрези для оптимізації її характеристик.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.04.ПТІА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Зважаючи на розміри, форму, матеріал деталі, тип виробництва, у якості заготовки обираємо прокат зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Ескіз заготовки наведено на рисунку 1. Такий вид заготовки є найбільш економічно вигідним в даних умовах виробництва.

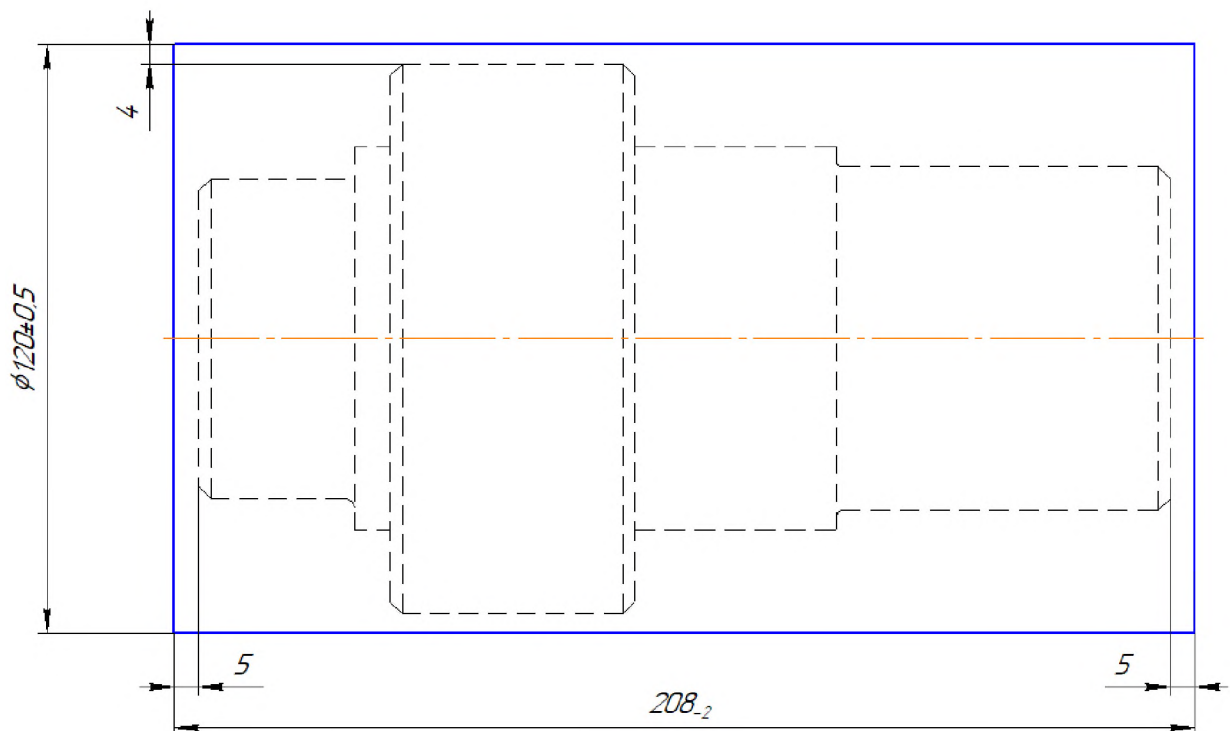


Рисунок 5.1– Ескіз заготовки

Формуємо маршрут виготовлення деталі «Вал-шестерня» (табл. 5.1).

КНУ.КБР.131.24.2-06.05.МТП				
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Середа			
Перевір.	Нечасв			
Н. Контр.	Рязанцев			
Затвердив	Нечасв			
Моделювання та програмування операцій механічної обробки				
		Лит.	Лист	Листів
		1	15	
Гр.ПМ-21ск				

Таблиця 5.1 – Маршрут обробки деталі

№ опер.	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
005	Заготівельна 1. Правка та різка прокату	—
010	Термічна 1. Відпал 840...860 °С	—
015	Очищення заготовки	—
020	Токарна з ЧПК Установ А 1. Підрізати торець 1 начорно у розмір $203 \pm 0,575$ за програмою 2. Точити начорно поверхні 4, 15 з підрізкою торця 5 і фаскою 20 у розміри $\varnothing 119_{-0,35}$ , $\varnothing 78_{-0,3}$ , $41 \pm 0,31$ , $2,5 \times 45^\circ$ за програмою 3. Точити поверхню 7 з підрізкою торця 8, радіусом 6 і фаскою 20 начорно у розміри $\varnothing 72,2h12_{(-0,3)}$ , $66,9 \pm 0,37$ , за програмою 4. Точити поверхню 7 з підрізкою торця 8, радіусом 6 і фаскою 20 напівчисто у розміри $\varnothing 71,7h10_{(-0,12)}$ , $67,3 \pm 0,37$ , за програмою 5. Точити поверхню 7 з підрізкою торця 8, радіусом 6 і фаскою 20 начисто у розміри $\varnothing 70h8_{(-0,046)}$ , $68 \pm 0,37$ , $3,3 \times 45^\circ$ , R1 за програмою 6. Попередньо просвердлити отвір $\varnothing 15$ на довжину 30 мм за програмою 7. Розсвердлити отвір 10 у розмір $\varnothing 30^{+0,52}$ на довжину 30 мм за програмою 8. Розточити начорно отвір 13 у розмір $\varnothing 41^{+0,62}$ на довжину 22 мм за програмою 9. Точити канавку 12 начорно з підрізкою фаски $1 \times 45^\circ$ у розміри $\varnothing 54^{+0,74}$ , 4 мм за програмою	Nextturn NST-56/67

					КНУ.КБР.131.24.2-06.05.МТП	Лист 2
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.1

	<p>Установ Б</p> <p>1. Підрізати торець 1 начорно у розмір <math>198 \pm 0,575</math> за програмою</p> <p>2. Точити начорно поверхню 3 з підрізкою торця 17 і фаскою 20 у розміри <math>\varnothing 78_{-0,74}, 7 \pm 0,18, 2,5 \times 45^\circ</math> за програмою</p> <p>3. Точити поверхню 2 з підрізкою торця 19, радіусом 18 і фаскою 20 начорно у розміри <math>\varnothing 67,2 h12_{(-0,3)}, 30,9 \pm 0,31</math>, за програмою</p> <p>4. Точити поверхню 2 з підрізкою торця 19, радіусом 18 і фаскою 20 напівчисто у розміри <math>\varnothing 66,4 h10_{(-0,12)}, 31,3 \pm 0,31</math> за програмою</p> <p>5. Точити поверхню 2 з підрізкою торця 19, радіусом 18 і фаскою 20 начисто у розміри <math>\varnothing 65,8 h8_{(-0,046)}, 32 \pm 0,31</math> за програмою</p>	
25	Зубофрезерна	HELIOS K160-R
30	Термічна 1. Гартування ТВЧ на глибину 0,8... 1,2 мм до 50... 55HRC	—
35	Шліфувальна	DANOB ATGRO UP CG-1000
40	Слюсарна	—
45	Мийна	—
50	Контрольна	—

## 5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Програмування та моделювання процесу механічної обробки виконується у САМ-системі FeatureCAM. У якості заготовки обираємо круглий прокат діаметром  $\varnothing 120$  та довжиною 208 мм, вказуємо матеріал сталь 40X та задаємо його механічні властивості (рис. 5.1).

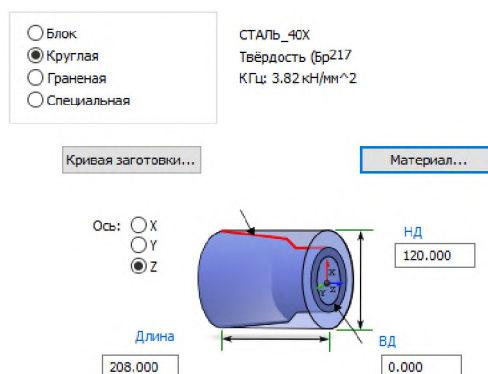


Рисунок 5.2 – Параметри заготовки

Імпортуємо в систему модель деталі після виконання токарної обробки, задаємо нуль деталі (рис. 5.2).

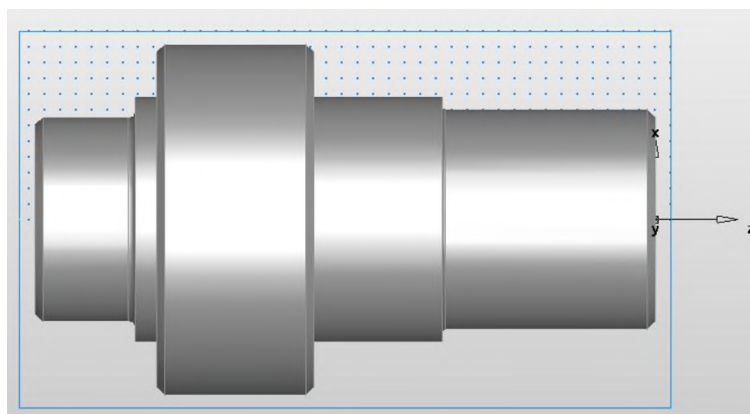


Рисунок 5.3 – Імпорт моделі деталі

Додаємо перший перехід чорнового підрізання торця з параметрами, вказаними на рис. 5.3. Для зменшення кількості кадрів програми на цьому і подальших переходах використовуємо токарні багатопрохідні цикли (G71,

					КНУ.КБР.131.24.2-06.05.МТП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

G72, G70). Задаємо координати початкової точки циклу по габариту заготовки в діаметральному напрямку (вісь X) та з врахуванням довжини врізання у повздовжньому напрямку (вісь Z).

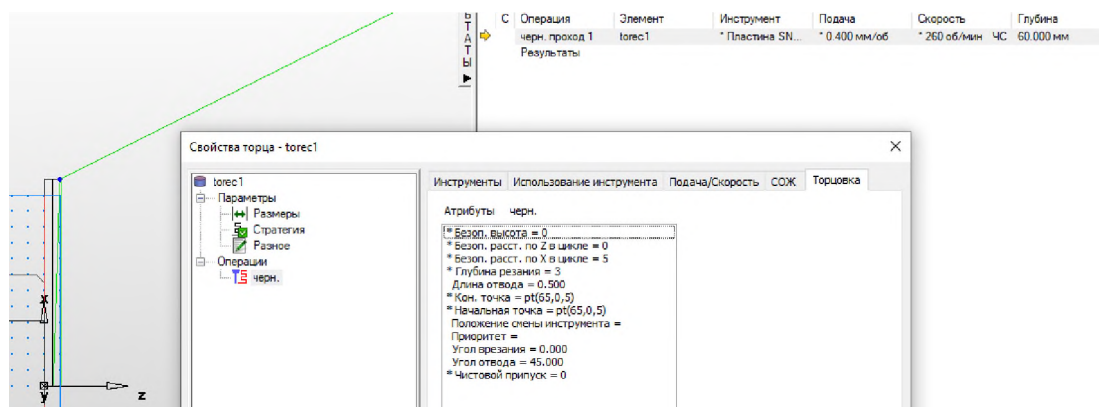


Рисунок 5.4 – Параметри чорнового торцювання

Аналогічно створюємо повну токарну обробку на першому установі, користуючись інструментами роботи з геометрією для створення траєкторій переміщень інструментів за вказаними контурами деталі.

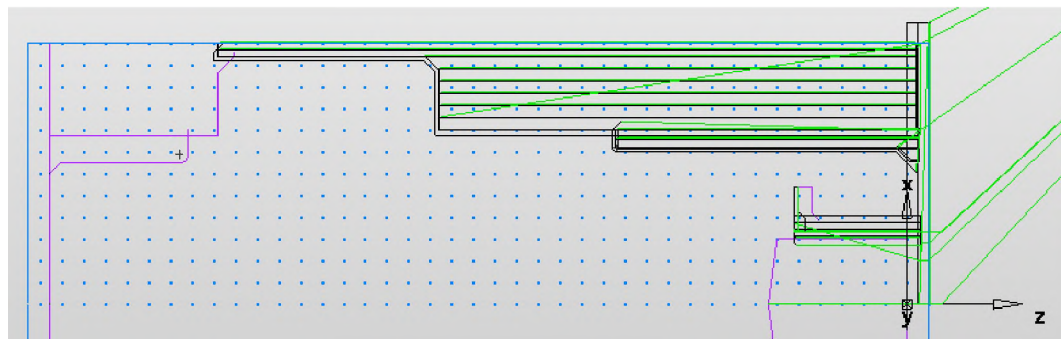


Рисунок 5.5 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина
черн. проход 1	tores1	* Пластина SNMA120408	* 0.400 мм/об	* 260 об/мин ЧС	60.000 мм
черн. проход 1	tochinnya1	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	19.000 мм
чист.	tochinnya1	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	19.000 мм
черн. проход 1	tochinnya2_1	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	7.494 мм
черн. проход 1	tochinnya2_2,3	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	7.494 мм
чист.	tochinnya2_2,3	Пластина CNMA090412	* 0.100 мм/об	* 150 м/мин ЧС	7.494 мм
предварит. сп...	sverdlennya	* Свердло GHD-150-5D-RF20-Q04A	* 0.250 мм/об	* 2550 об/мин ...	32.000 мм
предварит. сп...	roztochka	* Свердло GHD-300-2D-FC32-Q09A	* 0.250 мм/об	* 1200 об/мин ...	32.000 мм
черн. проход 1	roztochka	* Пластина CNMA090408	* 0.250 мм/об	* 100 м/мин ЧС	6.500 мм
черн. проход 1	kanavka	* WN_B_Grv_3m_RH	* 0.100 мм/об	* 90 м/мин ЧС	7.500 мм

Рисунок 5.6 – Переходи, інструменти та режими різання на першому установі

Додаємо другий установ і вказуємо нульову точку програми (рис. 5.6).  
Виконуємо токарну обробку на другому установі.

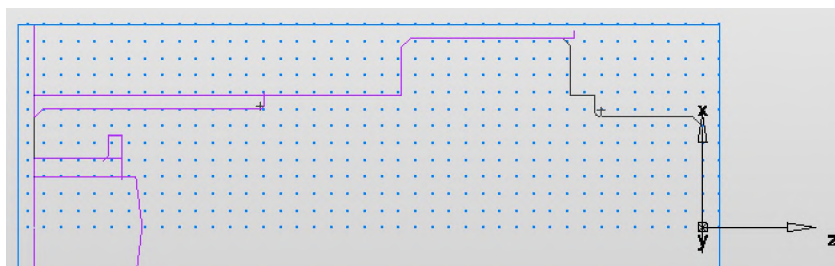


Рисунок 5.7 – Створення другого установу

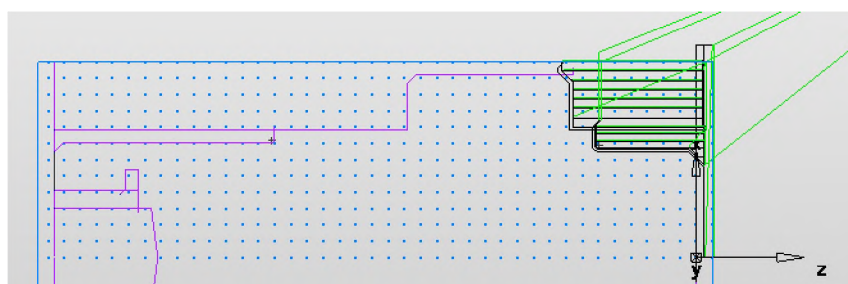


Рисунок 5.8 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина
черн. проход 1	tores2	* Пластина SNMA120408	* 0.400 мм/об	* 260 об/мин ЧС	60.000 мм
черн. проход 1	tochinnya3	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	19.000 мм
чист.	tochinnya3	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	19.000 мм
черн. проход 1	tochinnya4_1	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	9.994 мм
черн. проход 1	tochinnya4_2,3	* Пластина CNMA090412	* 0.300 мм/об	* 100 м/мин ЧС	9.994 мм
чист.	tochinnya4_2,3	Пластина CNMA090412	* 0.100 мм/об	* 150 м/мин ЧС	9.994 мм

Рисунок 5.9 – Переходи, інструменти та режими різання на першому установі  
Опції постпроцесора наведені на рисунку 5.9.

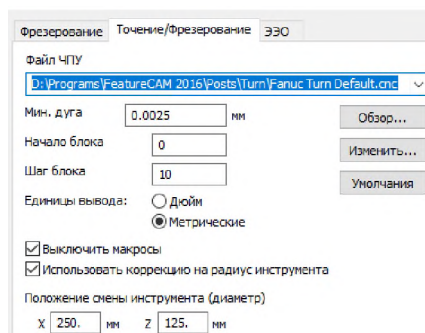


Рисунок 5.10 – Опції постпроцесора



```

%
OVal-shesternya( FILENAME = Val-shesternya)
N20 G21 G40
N30 G28 U0
N40 G28 W0
{ OPERATION: ROUGH FACE TOREC1 }
N60 T101
N70 G97 S260 M3
N80 G0 X130.0 Z5.0 M8
N90 G72 W3.0 R0.5
N100 G72 F110 Q120 U0. W0. F0.4
N110 G1 Z0. F0.4
N120 X0.
N130 G28 U0
N140 G28 W125.0

```

Рисунок 5.11 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Розберемо покадрово два фрагменти отриманої КП: чорнове підрізання торцю на першому установі (табл. 5.2) та свердлення, розсвердлювання отвору Ø30H14 (табл. 5.3). Свердлення виконуємо без застосування циклів через відсутність необхідності в них (обробляється тільки один отвір) та для скорочення обсягу КП.

Таблиця 5.2 – Фрагмент коду програми чорнового підрізання торцю

Код програми	Пояснення
1	2
%	Початок програми
OVal-shesternya( FILENAME = Val-shesternya)	Назва програми
N20 G21 G40	Строка безпеки (ввод метричних даних, відміна компенсації радіуса інструмента)
N30 G28 U0	Повернення в референтну позицію через проміжну точку (переміщення задані у відносних координатах)
N40 G28 W0	
(OPERATION: ROUGH FACE TOREC1)	Коментар - назва операції
N60 T101	Виклик першого інструменту

Продовження таблиці 5.2

1	2
N70 G97 S260 M3	Задання кількості обертів шпинделя та вмикання обертів ( $V=98$ м/хв) за годинниковою стрілкою
N80 G0 X130.0 Z5.0 M8	Пришвидшене переміщення у початкову точку циклу, вмикання MOP
N90 G72 W3.0 R0.5	Токарний багатопрохідний цикл обточування (глибина різання 3 мм, довжина відводу перед переходом на наступний крок 0,5 мм)
N100 G72 P110 Q120 U0. W0. F0.4	Опис траєкторії у кадрах 110-120, припуск на чистовий прохід по вісях X та Z 0 мм, подача 0,4 мм/об
N110 G1 Z0. F0.4	Лінійне переміщення у точку з координатами X130, Z0 (початок опису траєкторії)
N120 X0.	Лінійне переміщення у точку з координатами X0, Z0 (кінець опису траєкторії)
N130 G28 U0	Повернення в референтну позицію через проміжну точку (переміщення задані у відносних координатах, тому дійсна координата проміжної точки X130 Z130)
N140 G28 W125.0	

Таблиця 5.2 – Фрагмент коду програми обробки отвору Ø30H14

Код програми	Пояснення
1	2
(OPERATION: DRILL SVERDLENNYA)	Коментар - назва операції
N690 T303	Виклик інструменту (свердло Ø15 мм)
N700 G97 S2550 M3	Задання кількості обертів шпинделя (V = 120 м/хв) та вмикання обертів за годинниковою стрілкою
N710 G0 X0. Z8.0 M8	Пришвидшене переміщення у точку, вмикання MOP
N720 Z3.0	Пришвидшене переміщення у початкову точку циклу з координатами X0 Z3
N730 G1 Z-32.0 F0.25	Лінійне переміщення на глибину 32 мм, з подачею 0,25 мм/об
N740 G0 Z8.0	Пришвидшене переміщення на безпечну відстань
N750 G28 U0	Повернення в референтну позицію через проміжну точку
N760 G28 W125.0	

Карта наладки инструмента

Используйте этот диалог для сопоставления инструмента из детали пазам инструмента на станке.

#	Имя	Диам...	Длина	Зя дл...	ID	Паз	Набор	Время	Расст.	Отве...
1	Валунья рев. головка									
	Пластина SNMA120...	1	1		1			3 min	283 мм	
	tores1 черн. прох...									
	tores2 черн. прох...									
2	Пластина CNMA090...	2	2		2			24 min	2349 ...	
3	Свердло GHD-150-5...	3	3		3					0
	sverdlennya пред...									
4	Свердло GHD-300-2...	4	4		4					0
	roztochka предв...									
5	Пластина CNMA090...	5	5		5			1 min	135 мм	
	roztochka черн. п...									
6	WN_B_Grv_3m_RH	6	6	26	6			1 min	43 мм	
	kanavka черн. п...			'26						

Рисунок 5.12 – Карта наладки інструмента

Загальний час обробки складає 29 хв 38с.

Твердотільна симуляція обробки наведена на рисунку 5.11 та 5.12.

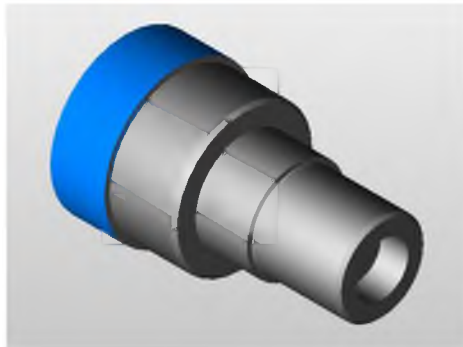


Рисунок 5.13 – Результат обробки на першому установі

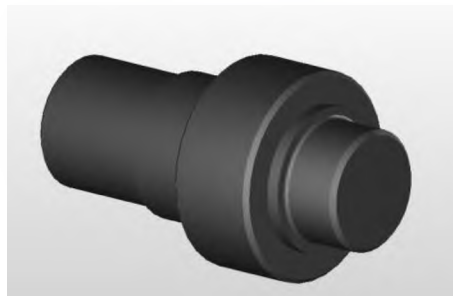


Рисунок 5.14 – Результат обробки на першому установі

Візуалізація обробки на верстаті наведена на рис. 5.14, 5.15.

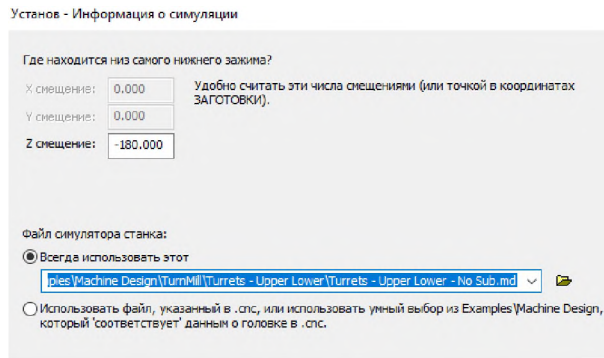


Рисунок 5.15 – Налаштування файлу симуляції обробки на верстаті

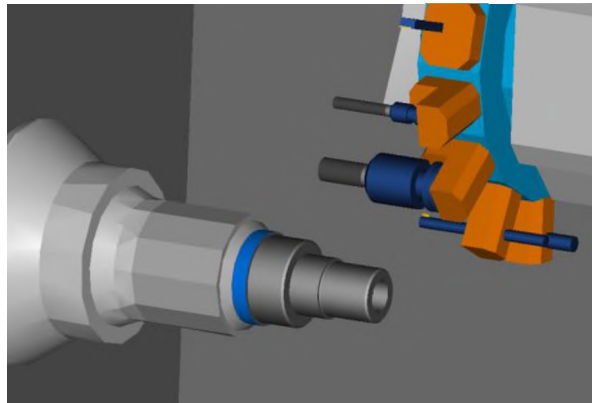


Рисунок 5.16 – Результат симуляції на верстаті на першому установі

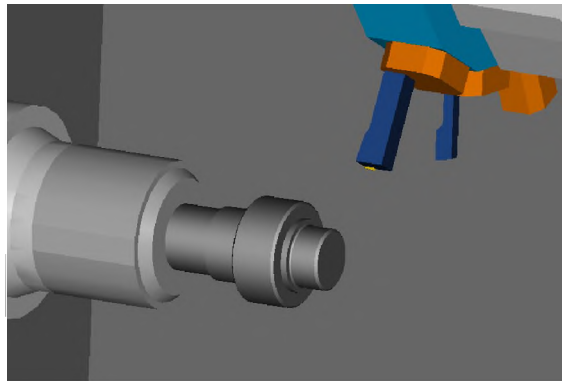


Рисунок 5.17 – Результат симуляції на верстаті на другому установі

## Перевіримо розроблену КП у SIMCO Edit

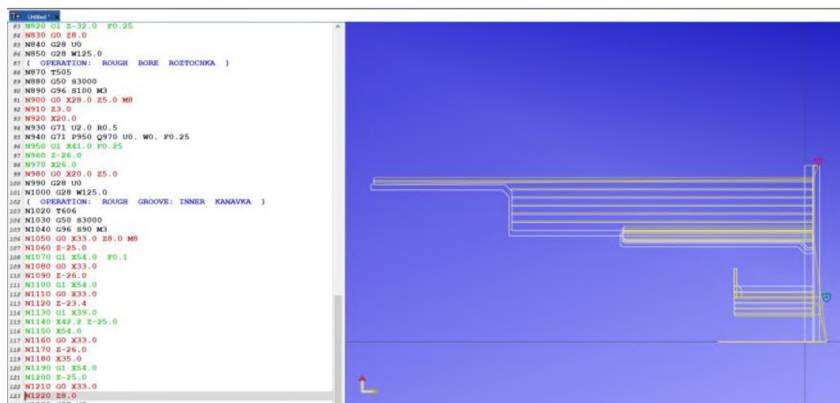


Рисунок 5.18 – Перевірка КП в SIMCO Edit по траекторіям переміщень ріжучих інструментів на першому установі

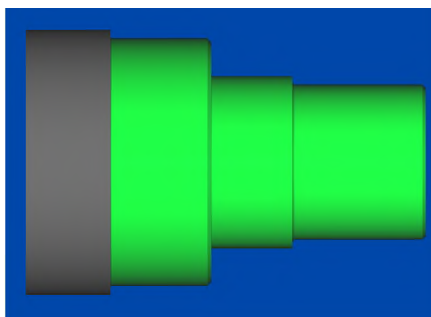


Рисунок 5.19 – Твердотільна перевірка КП в SIMCO Edit на першому установі

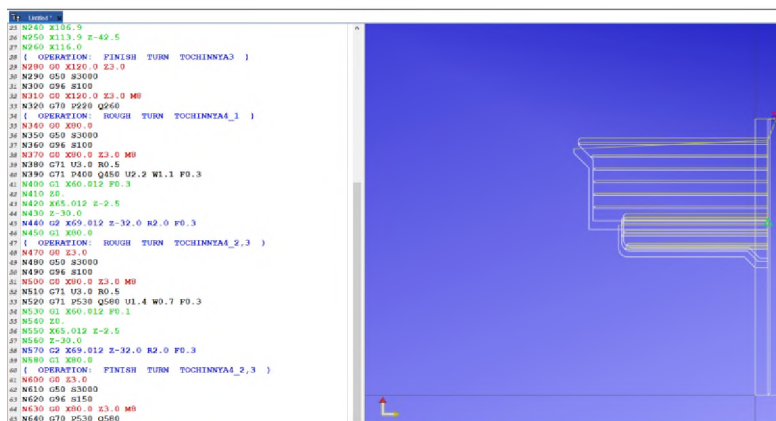


Рисунок 5.20 – Перевірка КП в SIMCO Edit по траекторіям переміщень ріжучих інструментів на другому установі

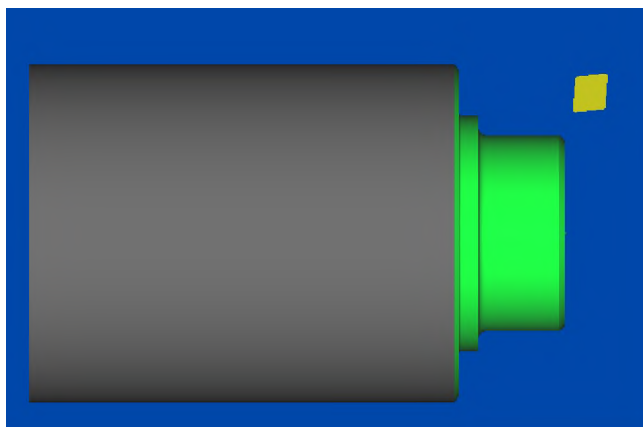


Рисунок 5.21 – Твердотільна перевірка КП в SIMCO Edit на другому установі

Як бачимо, обидві програми працюють коректно, відсутні конфлікти елементів процесу різання (інструментів, заготовки та робочих органів верстата).

Повний текст КП на першому установі

```

%
OVal-shesternya_1ust( FILENAME =
Val-shesternya)
N20 G21 G40
N30 G28 U0
N40 G28 W0
( OPERATION: ROUGH FACE
TOREC1 )
N60 T101
N70 G97 S260 M3
N80 G0 X130.0 Z5.0 M8
N90 G72 W3.0 R0.5
N100 G72 P110 Q120 U0. W0. F0.4
N110 G1 Z0. F0.4
N120 X0.
N130 G28 U0
N140 G28 W125.0
( OPERATION: ROUGH TURN
TOCHINNYA1 )
N160 T202
N170 G50 S3000
N180 G96 S100 M3
N190 G0 X120.0 Z3.0 M8
N200 G71 U3.0 R0.5
N370 G96 S100
N380 G0 X80.0 Z3.0 M8
N390 G71 U3.0 R0.5
N400 G71 P410 Q460 U2.2 W1.1 F0.3
N410 G1 X65.012 F0.3
N420 Z0.
N430 X70.012 Z-2.5
N440 Z-67.0
N450 G2 X72.012 Z-68.0 R1.0 F0.3
N460 G1 X80.0
( OPERATION: ROUGH TURN
TOCHINNYA2_2,3 )
N480 G0 Z3.0
N490 G50 S3000
N500 G96 S100
N510 G0 X80.0 Z3.0 M8
N520 G71 U3.0 R0.5
N530 G71 P540 Q590 U1.4 W0.7 F0.3
N540 G1 X65.012 F0.1
N550 Z0.
N560 X70.012 Z-2.5
N570 Z-67.0
N580 G2 X72.012 Z-68.0 R1.0 F0.3
N590 G1 X80.0

```

( OPERATION: ROUGH TURN  
TOCHINNYA1 )  
N160 T202  
N170 G50 S3000  
N180 G96 S100 M3  
N190 G0 X120.0 Z3.0 M8  
N200 G71 U3.0 R0.5  
N210 G71 P220 Q270 U2.0 W1.0 F0.3  
N220 G1 X78.0 F0.3  
N230 Z-109.0  
N240 X106.9  
N250 X111.9 Z-111.5  
N260 Z-160.0  
N270 X116.0  
( OPERATION: FINISH TURN  
TOCHINNYA1 )  
N290 G0 X120.0 Z3.0  
N300 G50 S3000  
N310 G96 S100  
N320 G0 X120.0 Z3.0 M8  
N330 G70 P220 Q270  
( OPERATION: ROUGH TURN  
TOCHINNYA2\_1 )  
N350 G0 X80.0  
N360 G50 S3000

N530 G/1 P540 Q590 U1.4 W0.7 F0.3  
N540 G1 X65.012 F0.1  
N550 Z0.  
N560 X70.012 Z-2.5  
N570 Z-67.0  
N580 G2 X72.012 Z-68.0 R1.0 F0.3  
N590 G1 X80.0  
( OPERATION: FINISH TURN  
TOCHINNYA2\_2,3 )  
N610 G0 Z3.0  
N620 G50 S3000  
N630 G96 S150  
N640 G0 X80.0 Z3.0 M8  
N650 G70 P540 Q590  
N660 G28 U0  
N670 G28 W125.0  
( OPERATION: DRILL  
SVERDLENNYA )  
N690 T303  
N700 G97 S2550 M3  
N710 G0 X0. Z8.0 M8  
N720 Z3.0  
N730 G1 Z-32.0 F0.25  
N740 G0 Z8.0  
N750 G28 U0

N760 G28 W125.0  
( OPERATION: DRILL  
ROZTOCHKA )  
N780 T404  
N790 G97 S1200 M3  
N800 G0 X0. Z8.0 M8  
N810 Z3.0  
N820 G1 Z-32.0 F0.25  
N830 G0 Z8.0  
N840 G28 U0  
N850 G28 W125.0

( OPERATION: ROUGH GROOVE:  
INNER KANAVKA )  
N1020 T606  
N1030 G50 S3000  
N1040 G96 S90 M3  
N1050 G0 X33.0 Z8.0 M8  
N1060 Z-25.0  
N1070 G1 X54.0 F0.1  
N1080 G0 X33.0  
N1090 Z-26.0  
N1100 G1 X54.0

( OPERATION: ROUGH BORE  
ROZTOCHKA )  
N870 T505  
N880 G50 S3000  
N890 G96 S100 M3  
N900 G0 X28.0 Z5.0 M8  
N910 Z3.0  
N920 X20.0  
N930 G71 U2.0 R0.5  
N940 G71 P950 Q970 U0. W0. F0.25  
N950 G1 X41.0 F0.25  
N960 Z-26.0  
N970 X26.0  
N980 G0 X20.0 Z5.0  
N990 G28 U0  
N1000 G28 W125.0

N1110 G0 X33.0  
N1120 Z-23.4  
N1130 G1 X39.0  
N1140 X42.2 Z-25.0  
N1150 X54.0  
N1160 G0 X33.0  
N1170 Z-26.0  
N1180 X35.0  
N1190 G1 X54.0  
N1200 Z-25.0  
N1210 G0 X33.0  
N1220 Z8.0  
N1230 G28 U0  
N1240 G28 W0  
N1250 M30  
%



Повний текст КП на другій установі

%  
OVal-shesternya\_2ust( FILENAME =  
Val-shesternya)  
N20 G21 G40  
N30 G28 U0  
N40 G28 W0  
( OPERATION: ROUGH FACE  
TOREC2 )  
N60 T101  
N70 G97 S260 M3  
N80 G0 X130.0 Z5.0 M8  
N90 G72 W3.0 R0.5  
N100 G72 P110 Q120 U0. W0. F0.4  
N110 G1 Z0. F0.4  
N120 X0.

( OPERATION: FINISH TURN  
TOCHINNYA3 )  
N280 G0 X120.0 Z3.0  
N290 G50 S3000  
N300 G96 S100  
N310 G0 X120.0 Z3.0 M8  
N320 G70 P220 Q260  
( OPERATION: ROUGH TURN  
TOCHINNYA4\_1 )  
N340 G0 X80.0  
N350 G50 S3000  
N360 G96 S100  
N370 G0 X80.0 Z3.0 M8  
N380 G71 U3.0 R0.5  
N390 G71 P400 Q450 U2.2 W1.1 F0.3  
N400 G1 X60.012 F0.3  
N410 Z0.  
N420 X65.012 Z-2.5  
N430 Z-30.0  
N440 G2 X69.012 Z-32.0 R2.0 F0.3  
N450 G1 X80.0  
( OPERATION: ROUGH TURN  
TOCHINNYA4\_2,3 )

N130 G28 U0  
N140 G28 W125.0  
( OPERATION: ROUGH TURN  
TOCHINNYA3 )  
N160 T202  
N170 G50 S3000  
N180 G96 S100 M3  
N190 G0 X120.0 Z3.0 M8  
N200 G71 U3.0 R0.5  
N210 G71 P220 Q260 U2.0 W1.0 F0.3  
N220 G1 X78.0 F0.3  
N230 Z-39.0  
N240 X106.9  
N250 X113.9 Z-42.5  
N260 X116.0

N470 G0 Z3.0  
N480 G50 S3000  
N490 G96 S100  
N500 G0 X80.0 Z3.0 M8  
N510 G71 U3.0 R0.5  
N520 G71 P530 Q580 U1.4 W0.7 F0.3  
N530 G1 X60.012 F0.1  
N540 Z0.  
N550 X65.012 Z-2.5  
N560 Z-30.0  
N570 G2 X69.012 Z-32.0 R2.0 F0.3  
N580 G1 X80.0  
( OPERATION: FINISH TURN  
TOCHINNYA4\_2,3 )  
N600 G0 Z3.0  
N610 G50 S3000  
N620 G96 S150  
N630 G0 X80.0 Z3.0 M8  
N640 G70 P530 Q580  
N650 G28 U0  
N660 G28 W0  
N670 M30  
%

					КНУ.КБР.131.24.2-06.05.МТП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		15

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо розрахунки доцільності заміни унікальних старих верстатів на нові верстати с ЧПК. Розрахунок виконано за допомогою програми Economical Linksmoon. Вихідні дані для розрахунку будуть надані у вигляді скриншотів з програми.

		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
<b>Трудоёмкость</b>			
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	500
Штучное время обработки детали, мин		818,44	818,88
<b>Время настройки станка в течение года</b>			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		100	60,5
<b>Время настройки инструмента вне станка на протяжении года</b>			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		20	20
Среднее количество граней пластинки, шт		3	3
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
<b>Количество станочников</b>			
Количество станков, обслуживаемым одним рабочим		1	2
<b>Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ</b>			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0,45	0,85
<b>Балансовая стоимость станка</b>			
Оптовая цена станка		50000	2000000
<b>Масса станка, т</b>			
		41800	51000

Рисунок 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

					КНУ.КБР.131.24.2-06.06.0ЕПВ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата			
Розроб.	Середа						
Перевір.	Нечасв					1	15
Н. Контр.	Рязанцев				Гр.ПМ-21ск		
Затвердив	Нечасв						

Входные данные

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	31,5	32,4
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4,5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1,58
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1600	1600
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	1420	1420
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	1116
Оборотные средства в незавершенном производстве		
Стоимость заготовки Ззаг, грн.	270500	270500
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	15000	18000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	18000	21000
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	15000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	14000	14000
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	5	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9,5	22

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.2 – Вихідні дані (2)

Входные данные

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	520	530
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (электротехническая часть)	100	180
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1,2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	470	470
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	0	2900

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.3 – Остання сторінка для надання даних для розрахунку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.2-06.06.0ЕПВ

Лист

2

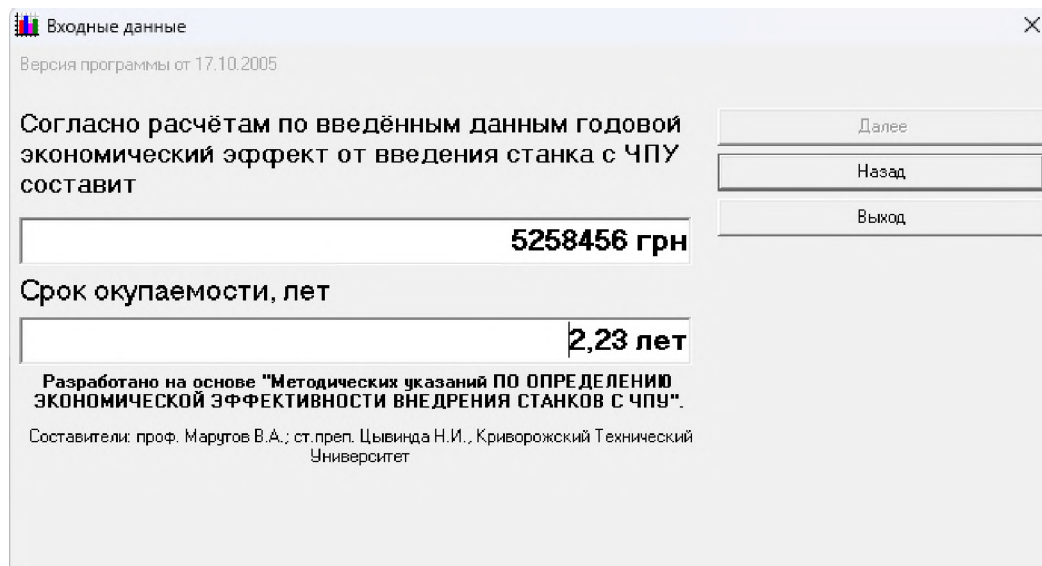


Рисунок 6.4 – Результат розрахунку

Виходячи з сукупності усіх вище наведених чисел, та інформації, маємо те, що строк окупності даних маніпуляцій є припустимим.

## 6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Охорона праці:

Планування виробничого приміщення:

- Раціональне розташування верстатів з дотриманням безпечних відстаней між ними.
- Визначення безпечних зон навколо верстатів для руху персоналу та транспортування заготовок/деталей.
- Облаштування окремих зон для заточування/правки інструменту.
- Чітке промаркування проходів, проїздів, евакуаційних виходів.

Вентиляція та очищення повітря:

- Забезпечення ефективною припливно-витяжною вентиляцією для видалення аерозолів мастил, пилу та шкідливих парів.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.06.0ЕПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

- Встановлення локальних відсмоктувачів у місцях утворення забруднень (біля верстатів).
- Застосування фільтрів та циклонів для очищення повітря від дрібнодисперсного пилю.

Безпека під час обслуговування верстатів:

- Розробка порядку виконання робіт з огляду, ремонту та налаштування верстатів.
- Впровадження системи блокувань та пристроїв для надійного обвалування верстата під час обслуговування.
- Використання пересувних огорожень, переносних заземлень, сигнальних пристроїв.

Протипожежні заходи:

- Облаштування протипожежних проїздів та під'їзних шляхів.
- Встановлення систем пожежогасіння та пожежної сигналізації.
- Забезпечення вільних проходів, проїздів та евакуаційних виходів.
- Навчання працівників діям на випадок пожежі.

Екологія виробництва:

Система збору та очистки стічних вод:

- Облаштування замкнених циклів водопостачання для верстатів.
- Встановлення системи уловлювання мастил та емульсій для подальшої очистки стоків.
- Застосування методів хімічного та фізико-хімічного очищення стічних вод.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.06.0ЕПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

- Впровадження маловідходних та безвідходних технологій обробки металів.
- Використання висококонцентрованих мастильно-охолоджувальних рідин.
- Регенерація відпрацьованих емульсій та мастил.
- Регулярний контроль усіх видів викидів та скидів.
- Заміри концентрацій пилу, шкідливих газів на робочих місцях.
- Контроль утворення та утилізації виробничих відходів.
- Ведення статистичного та документального обліку впливів на довкілля.

Контроль викидів забруднюючих речовин:

- Встановлення багатоступневих систем фільтрації повітряних викидів.
- Моніторинг концентрацій пилу, оксидів металів, аерозолів в атмосферних викидах.
- Використання природоохоронного обладнання (циклони, скрубери, абсорбери).

Заходи із зниження шумового навантаження:

- Облицювання стін та стелі звукопоглинальними матеріалами.
- Встановлення шумопоглинальних екранів навколо особливо гучних зон.
- Використання індивідуальних засобів захисту органів слуху.
- Встановлення часових обмежень на проведення особливо гучних операцій.

Енергоефективність та ресурсозбереження:

- Застосування сучасних енергоефективних верстатів з ЧПК.
- Оптимізація режимів різання для зниження енергоспоживання.
- Використання альтернативних джерел енергії (сонячні панелі, теплові насоси).

					КНУ.КБР.131.24.2-06.06.0ЕПВ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

У пункті 1 проаналізовано службове призначення деталі "Вал-шестерня" як складової роздавальної коробки бурового верстата ВБШ-250. Детально розглянуто функції та принципи роботи даної деталі, а також її роль у забезпеченні надійної передачі крутного моменту і взаємодії зубчастих передач в буровому верстаті. Наголошено на необхідності забезпечити міцність, жорсткість та зносостійкість вала-шестерні для тривалої експлуатації в складних умовах буріння. Також проведено розрахунок параметрів точності з'єднання валу з підшипником.

У пункті 2 представлено технологічну підготовку виробництва деталі "Вал-шестерня". Описано послідовність основних операцій технологічного процесу виготовлення деталі: заготівельна, токарна чорнова, термічна обробка, токарна чистова, фрезерна, шліфувальна та контрольна операції. Обгрунтовано вибір матеріалу - конструкційної легованої сталі 40Х для забезпечення необхідних механічних властивостей деталі. Наведено можливі варіанти заміни матеріалу. Проаналізовано вимоги до якості поверхонь деталі та технологічні методи їх досягнення. Також виконано технічний контроль робочого креслення деталі на відповідність стандартам ЄСКД.

У пункті 3 виконано вибір різальних та допоміжних інструментів для обробки деталі "Вал-шестерня" відповідно до міжнародних стандартів. Для кожної поверхні деталі обрано відповідний тип інструменту (підрізний різець, прохідний різець, свердло, фреза, розточний різець) та представлено його ескіз. Визначено матеріал різальної частини інструментів (переважно з покриттями ТТ8115В, ТТ8125В, ТТ5080В), матеріал державки (сталь 40 або сталь У10 для свердла), а також геометричні параметри різальної частини.

					КНУ.КБР.131.24.2-06.В			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Середа				Висновок	Лит.	Лист	Листів
Перевір.	Нечаєв						1	2
Н. Контр.	Рязанцев				Гр.ПМ-21ск			
Затвердив	Нечаєв							

Представлено детальний вибір типорозмірів різальних інструментів, включаючи основні розміри, матеріал різальної частини та шифр інструменту згідно міжнародних стандартів. Обрані інструменти є продукцією провідних вітчизняних та іноземних виробників.

Надані рекомендації щодо вибору режимів різання, які мають забезпечити необхідну продуктивність та якість обробки деталі. Проведено аналіз характеристик різальних інструментів для забезпечення ефективного виготовлення компонентів високої точності, зокрема шліфувальних кругів для остаточної обробки циліндричних поверхонь.

Детальний і обґрунтований вибір різального інструменту з використанням сучасних матеріалів та покриттів дозволить забезпечити якісну обробку деталі "Вал-шестерня" згідно вимог креслення та підвищити ефективність технологічного процесу.

У пункті 4 Виконано розрахунок різального інструменту, а саме черв'ячної фрези за усіма параметрами, що надалі буде потрібен для модулювання та обробки деталі. Далі була зроблена 3Д модель інструменту, що дозволяє оцінити поведінку черв'ячної фрези під навантаженнями та виявити потенційно критичні зони.

У пункті 5 представлено моделювання механічної обробки деталі у спеціальній програмі, що дозволяє приблизно оцінити час обробки деталі на реальному верстаті, та наближено отримати графічний вигляд цієї обробки, та надати код для обробки.

У пункті 6 було зроблено розрахунок доцільності заміни звичайних верстатів, на верстати з ЧПК, та строки їх окупності, також прописані пункти по охороні праці та екології на виробництві, що дозволяють уникнути травмування працюючих, та запобігання екологічній «катастрофі».

					КНУ.КБР.131.24.2-06.В	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог металорізальних інструментів TaeguTec - <https://steelcam.org/catalogs/taegutec/katalog-taegutec-tokarnye-instrumenty-2020-2021/> / стр. 530.
2. Каталог шліфувальних кругів Toolgal – [Grinding-Wheels-Cataloge-2016\\_EN-4-16.pdf \(toolgal.com\)](#) / 2016р. – стр. 67
3. Каталог GearCutting tools FETTE - [Зубообрабатывающий инструмент.pdf - Google Диск](#) / стр. 200
4. Сайт фірми Danobatgroup. Шліфувальні верстати. [Станки для наружного шлифования| компания DANOBAT \(danobatgroup.com\)](#)
5. Сайт фірми MHD . Зубонарізні верстати. Токарні верстати . [Home | MHD Maschinen \(mhd-maschinen.de\)](#)
6. Токарні напівавтомати фірми «Nextturn» . [nextturn.co.kr/eng/product/cnc.html](#)
7. СТМ Том 2 - [Справочник Технолога Машиностроителя : Косилова А.Г., Мещеряков Р.П. : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive](#) / стр. 438
8. Краткий справочник конструктора Р.И.Гризов - [Краткий справочник конструктора \(nmu.org.ua\)](#) / стр. 237.

					<b>КНУ.КБР.131.24.2-06.СВД</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Список використаних джерел</b>					
<i>Розроб.</i>	<i>Середа</i>							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>							1	1	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							<b>Гр.ПМ-21ск</b>		
<i>Затвердив</i>	<i>Нечаєв</i>									

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ  
АРКУШІВ**

кваліфікаційної роботи бакалавра

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконала здобувачка гр. ЗПМ-21ск

\_\_\_\_\_ (підпис)

Середа І.Д.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нечаєв В.П.

Кривий Ріг  
2024 р.

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Креслення		
	A2		1	КНУКРБ.131.24.2-06.ВШ	Вал-шестерня	1	
	A2		2	КНУКРБ.131.24.2-01.ІН	Інструментальне налагодження	1	
	A3		3	КНУКРБ.131.24.2-01.4МФ	Черв'ячна модульна фреза	1	
	A3		4	КНУКРБ.131.24.2-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		5	КНУКРБ.131.24.2-01.МГМО	Моделювання процесу механічної обробки	1		

Інв. № подл.	Взам. інв. №	Інв. № відділ.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відділ.	Підп. і дата	КНУКРБ.131.24.2-06.ВЕД		
							Лист	Лист	Листов
Разрад.	Середя						1/1		1
Пров.	Нечасв								
Н.контр.	Гязанцев								
Утв.	Нечасв								

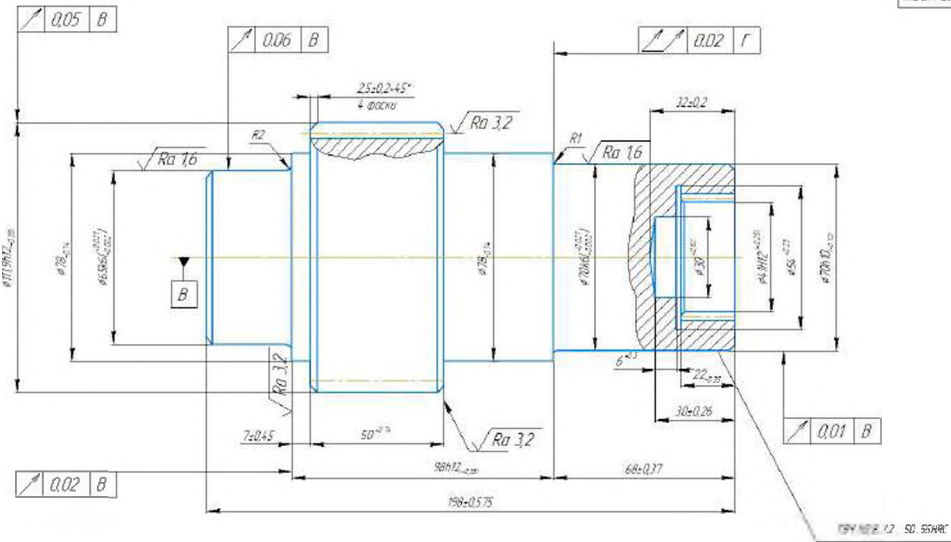
Відомість електронних документів КРБ

Кафедра ТМ  
гр. ПМ-21ск  
Формат А4

КНУКБР.131.24.2-06.ВШ

√ Ra 12,5 (√)

Зубчатый элемент		A	B
Модуль	m	6	2,5
Число зубьев	z	8	18
Нормативный посадочный диаметр	-	ГОСТ 11775-81	ГОСТ 11775-81
Коррекция зубьев	x	-0,5	0
Толщина ленточки по ГОСТ 11775-81	m	8-8-7-8	8-8-7-8
Величина зацепления нормаль	m		
Внутренний диаметр	d <sub>вн</sub>	96 ± 0,34 <sup>0,005</sup>	45
Внешний диаметр	d <sub>вн</sub>	119 ± 0,05	119 ± 0,05

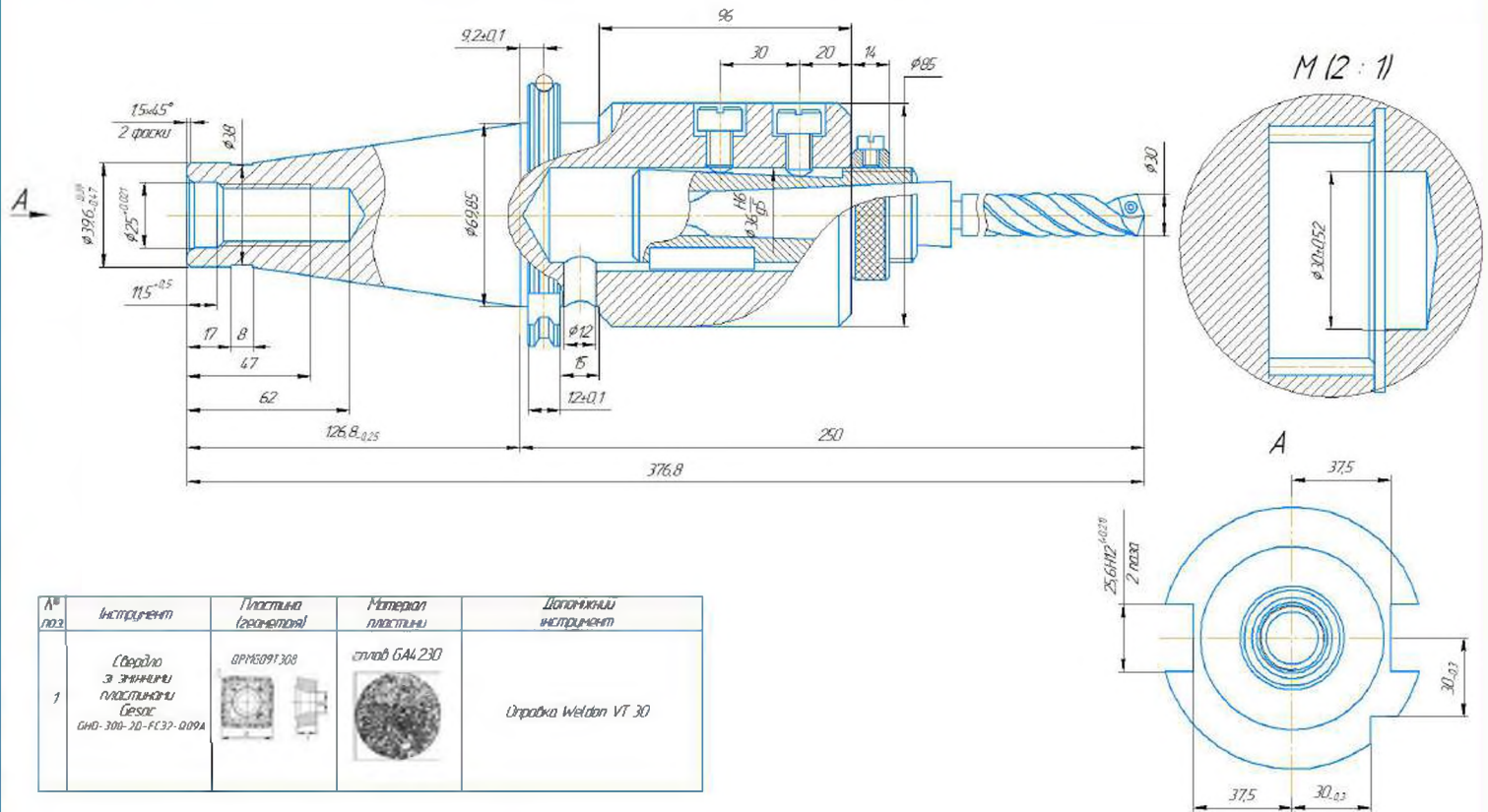


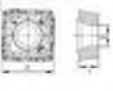

1. 2x1.285HRC  
2. Нейтральное покрытие по DIN, Ni4, 11%Ni/2

КНУКБР.131.24.2-06.ВШ				№	Класс	Материал
Исполн.	Листов	№ детали	№ докум.	205	11	Сталь 40Х
Провер.	Листов	№ детали	№ докум.	20.011-210х		ГОСТ 7809-2015
Утвержд.	Листов	№ детали	№ докум.			

1. 2x1.285HRC  
 2. Нейтральное покрытие по DIN, Ni4, 11%Ni/2

Операция: свердлильная. Модель верстату: NST-57/67

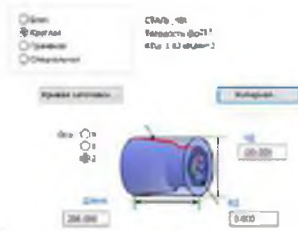


№ поз	Инструмент	Пластина (геометрия)	Материал пластины	Дополнительный инструмент
1	Сверло з энциклопедии пластинки Gesac GND-300-20-FC37-009A	 ВРМ3091.308	 сплав G4A.230	Оправка Weldon VT 30

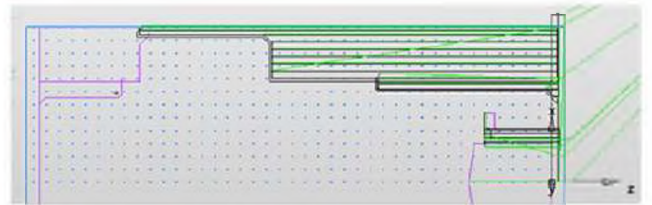
				КНУКБР 13124.2-06.ИНВ			
Исполн	М.Иванов	Подп	В.Иванов	Инструментальное наладочное верстат			
Провер	И.Сидоров						
Технико							
Мастер	В.Колосов						
Упр	И.Новиков			КНУ 2014-210к			
				Лист 11			

КНУ.131.КРБ.24.2-06.ММОД

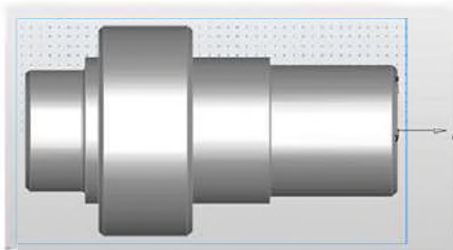
### Параметри заготовки



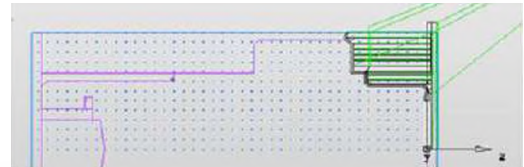
### Траєкторії руху інструмента на першій установці



### Імпорт 3Д моделі у програму



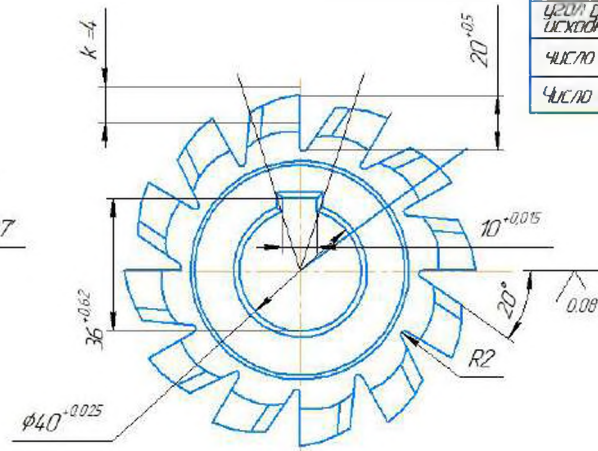
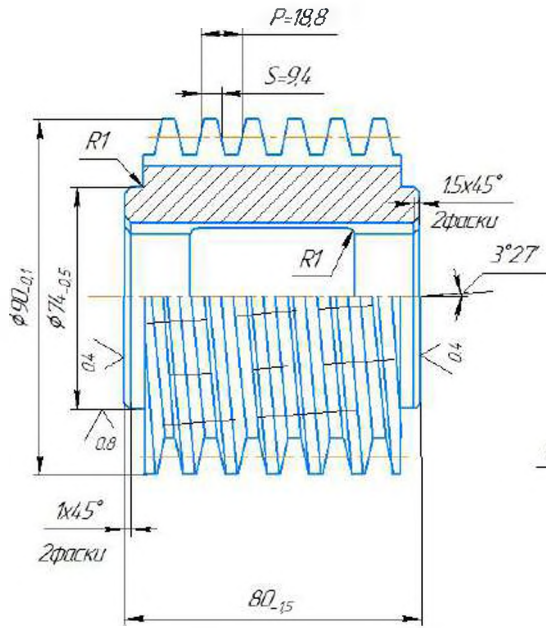
### Траєкторії руху інструмента на другій установці



					КНУ.131.КРБ.24.2-06.ММОД			
№ зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Моделювання механічної обробки деталі	Лист	Маса	Місця току
Розроб.	Сергей					Н		
Проб.	Мечислав					Лист	Листов	Т
Т.контр.						КНУ		
Монтаж.	Рязанцев					гр.ПМ-21ск		
Уліт.	Мечислав					Формат: А3		

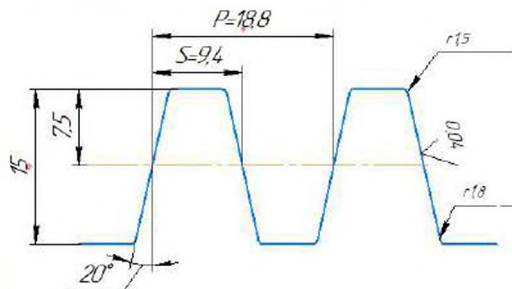
Копія дані

КНУ.КБР.131.24.2-06.ЧМФ



модуль	m	6
угол фронтального исходного контура		20°
число заходів	n	1
число зубців	z	12

Профіль зуба в нормальному перетині

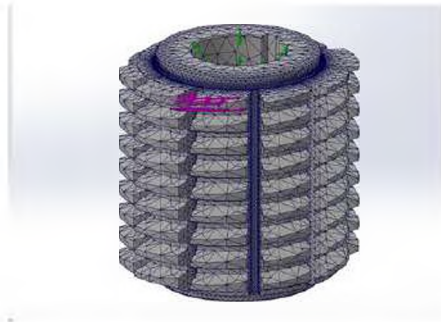


1. Радіальне ділення буртиків трохи більше 0.008 мм
2. Торцеве ділення буртиків трохи більше 0.006 мм.
3. Радіальне ділення по верхній частині зубів не більше ніж 0.04 мм.
4. Відхилення напрямку стружкових канавок трохи більше 40 мм на довжині робочої частини фрези
5. Відхилення товщини зуба трохи більше 0.05 мм

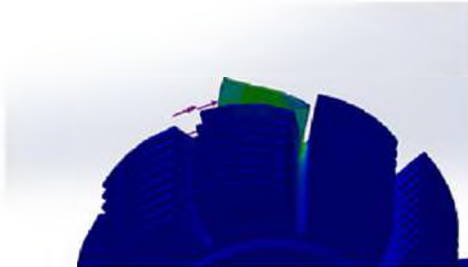
КНУ.КБР.131.24.2-06.ЧМФ			
Черв'ячна модульна фреза		Лист	Масштаб
Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73		Н	1:1
КНУ зрПМ-21ск		Лист	Листів
Контроль		Розроб	Дата
Зроб		Час	Дата

КНУ.131.КРБ.24.2.-06.1А

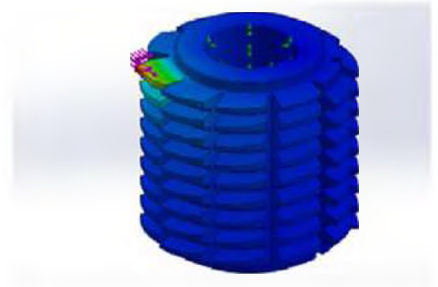
Сітка моделі



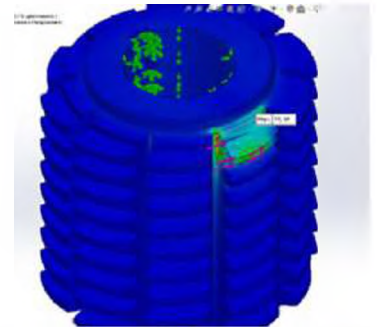
Дослідження "деформація"



Дослідження "переміщення"



Дослідження "напруження"



КНУ.131.КРБ.24.2.-06.1А

№ зм.	Лист	№ докум.	Позн.	Дата	Лист	Масштаб	Місця змін
Розроб.		Сергей			Н		
Проб.		Мечесл					
І конст.							
І конст.		Рязанцев					
Уліт.		Мечесл					

Інструментальний  
аналіз спеціального різального  
інструменту

Лист 1  
Листів 1

КНУ  
гр.ПМ-21ск  
Формат: А3

Копія дані