

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-75.00.00.000.ПЗ

Група ПМ-22-1

Веселовський Богдан Миколайович

2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Інститут інженерної механіки та робототехніки  
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Веселовський Богдан Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91  
(індекс)

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі «Вал ПМ 275 00 003/26»  
(назва роботи)

Прикладна механіка  
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Веселовський Б.М.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Шуляр І.О. доцент каф. КМВ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри

професор Присяжнюк П.М.  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м. Івано-Франківськ – 2026 рік

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри КМВ**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА БАКАЛАВСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Веселовському Богдану Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологія виготовлення деталі «Вал ПМ 275 00 003/26»

керівник роботи Шуляр І.О.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_\_” червня 2026 року №

2. Терміни подання студентом роботи 15 червня 2026р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленик деталі «Вал ПМ 275 00 003/26»;  
тип виробництва: середньо-серійний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Технологічна частина 2. Конструкторська частина. 3. Вибір засобів технологічного оснащення 4. Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення деталі – 1 лист А3. 2. Креслення фрезерного пристрою – 1 лист А1. 3. 3д модель пристрою фрезерного – 1 лист А1. 4 Вибір різального інструменту – 1 лист А1. 5. Візуалізація ЧПК обробки на операцію 020 та 030– 1 лист А1, 6. Візуалізація ЧПК обробки на операцію 050 – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-4    | Шуляр І.О.                                | 25.02.2026     |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів бакалаврської роботи роботи                  | Термін виконання етапів роботи | Примітки |
|-------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Конструкторсько-технологічний аналіз                      | 15.03.2026                     |          |
| 2     | Проектування технології виготовлення деталі               | 01.04.2026                     |          |
| 3     | Проектування технологічної оснастки.                      | 01.05.2026                     |          |
| 4     | Створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК | 15.05.2026                     |          |
| 5     | Захист бакалаврської роботи                               | 16.06.2026                     |          |
|       |                                                           |                                |          |

**Студент**

Веселовський Б.М.

( підпис ) ( прізвище та ініціали )

**Керівник роботи**

Шуляр І.О.

( підпис ) ( прізвище та ініціали )

“ 25 ” лютого 2026р.



## Реферат

Сучасний етап розвитку машинобудівного комплексу України характеризується стрімкою інтеграцією високоавтоматизованого обладнання та цифрових технологій у виробничі процеси. Головним завданням промислових підприємств є суттєве підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції та забезпечення її безкомпромісної якості відповідно до міжнародних стандартів. Вали є одними з найбільш поширених і відповідальних деталей у машинобудуванні, оскільки вони працюють в умовах високих динамічних та знакозмінних навантажень. Надійність і довговічність усього вузла чи механізму безпосередньо залежать від точності виготовлення та якості поверхневого шару таких деталей.

Бакалаврська робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 11 найменувань та додатків. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 66 сторінок тексту.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» в умовах серійного виробництва на базі сучасного металорізального обладнання з ЧПК.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання: виконано детальний аналіз службового призначення деталі та оцінено її технологічність; обґрунтовано вибір оптимального методу отримання заготовки для мінімізації припусків і витрат матеріалу; розроблено технологічний процес механічної обробки на верстатах з ЧПК; здійснено раціональний вибір різальних та допоміжних інструментів провідних світових виробників; розраховано оптимальні режими різання та спроектовано необхідні схеми базування і закріплення; розроблено керуючі програми для обробки поверхонь деталі на токарних та фрезерних верстатах з ЧПК; спроектовано спеціальне технологічне оснащення та засоби контролю якості.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки та виготовлення деталей класу «вали» в умовах автоматизованого виробництва.

Предмет дослідження – методи побудови операційних маршрутів, оптимізації режимів різання та вибору прогресивного інструментального оснащення для підвищення ефективності обробки валів.

Використання сучасного парку верстатів з ЧПК у поєднанні з інноваційним інструментальним оснащенням дозволяє реалізувати принцип концентрації технологічних операцій. Це мінімізує кількість перевстановлень деталі «Вал ПМ 275 00 003/26», суттєво зменшує похибку базування та скорочує допоміжний час обробки. Застосування прогресивних режимів різання та сучасного твердосплавного інструменту забезпечує високу продуктивність токарних і фрезерних операцій при строгому дотриманні вимог до точності та шорсткості поверхонь валу.

Ключові слова: технологічний процес, верстати з ЧПК, механічна обробка, токарні операції, фрезерні операції, різальний інструмент, керуюча програма, режими різання, заготовка, автоматизація виробництва, САМ-система.

Студент Веселовський Б.М.

## Summary

The current stage of development of the mechanical engineering complex of Ukraine is characterized by the rapid integration of highly automated equipment and digital technologies into production processes. The main task of industrial enterprises is to significantly increase labor productivity, reduce product cost and ensure its uncompromising quality in accordance with international standards. Shafts are among the most common and critical parts in mechanical engineering, as they operate under conditions of high dynamic and alternating loads. The reliability and durability of the entire unit or mechanism directly depend on the manufacturing accuracy and surface layer quality of such parts.

The master's thesis consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of used sources of 11 titles and appendices. The total volume of the explanatory note is 66 pages of text.

The purpose of the qualification work is to design the technological process of manufacturing the part "Shaft PM 275 00 003/26" in the conditions of serial production on the basis of modern metal-cutting CNC equipment.

To achieve this goal, the following tasks were solved: a detailed analysis of the functional purpose of the part was performed and its manufacturability was evaluated; the choice of the optimal method of obtaining the blank to minimize allowances and material costs was justified; the technological process of machining on CNC machines was developed; a rational choice of cutting and auxiliary tools of leading world manufacturers was carried out; optimal cutting modes were calculated and the necessary basing and clamping schemes were designed; control programs for processing part surfaces on CNC turning and milling machines were developed; special technological equipment and quality control tools were designed.

The object of research is the technological process of machining and manufacturing parts of the "shafts" class in the conditions of automated production.

The subject of research is methods for constructing operational routing, optimizing cutting conditions, and selecting progressive tooling systems to increase shaft machining efficiency.

The use of a modern park of CNC machines in combination with innovative tooling allows implementing the principle of concentration of technological operations. This minimizes the number of reinstalls of the part "Shaft PM 275 00 003/26", significantly reduces the basing error and shortens the auxiliary processing time. The use of progressive cutting modes and modern carbide tools ensures high productivity of turning and milling operations with strict compliance with the requirements for accuracy and roughness of shaft surfaces.

Keywords: technological process, CNC machines, machining, turning operations, milling operations, cutting tool, control program, cutting modes, blank, production automation, CAM-system.

Student: Veselovsky B.

## Зміст

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                                                                 | 7  |
| 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....                                                                                                                                | 9  |
| 1.1 Опис призначення та конструкції деталі.....                                                                                                             | 9  |
| 1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення.....                                                                                             | 11 |
| 1.4. Обґрунтування річної програми та розрахунок величини виробничої партії.....                                                                            | 16 |
| 1.5. Обґрунтування технологічних методів досягнення заданої точності та якості поверхонь.....                                                               | 17 |
| 1.6 Вибір способу отримання заготовки.....                                                                                                                  | 18 |
| 1.7 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі.....                                                                                            | 19 |
| Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-15Y.....                                                                                                                     | 20 |
| Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-15Y.....                                                                                                                     | 20 |
| Круг шліфувальний Scherppach (Ø200x40x16 мм., K100).....                                                                                                    | 20 |
| 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....                                                                                                                            | 23 |
| 2.1 Технічний опис фрезерного пристосування.....                                                                                                            | 23 |
| 2.2 Обчислення зусилля затискання заготовки для фрезерної операції.....                                                                                     | 23 |
| 2.3 Розрахункова схема пристрою.....                                                                                                                        | 25 |
| 2.4 Перевірка різьбового з'єднання на міцність . ....                                                                                                       | 30 |
| 2.5 Вибір режимів різання.....                                                                                                                              | 31 |
| 3. ВИБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ.....                                                                                                              | 33 |
| 3.1 Вибір технологічного устаткування для виготовлення вала. ....                                                                                           | 33 |
| 3.2. Вибір різального інструментарію.....                                                                                                                   | 40 |
| 4 СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ.....                                                                                                                          | 48 |
| 4.1 Моделювання деталі «Вал ПМ 275 00 003/26 ».....                                                                                                         | 48 |
| 4.2 Налаштування бази даних для токарного верстата HAAS ST-15Y та зміна налаштувань різального інструментарію на операції 020 та 030.....                   | 48 |
| 4.3 Розробка керуючої програми обробки для операції 020.....                                                                                                | 52 |
| 4.4 Розробка керуючої програми обробки для операції 030.....                                                                                                | 55 |
| 4.5 Налаштування бази даних для вертикально-фрезерного верстата Kitamura Mucenter 3020G та зміна налаштувань різального інструментарію на операцію 050..... | 58 |
| 4.6 Розробка керуючої програми обробки для операції 050.....                                                                                                | 59 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                               | 63 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                                             | 65 |
| ДОДАТКИ.....                                                                                                                                                | 67 |

|           |      |               |        |      |                                 |      |         |  |  |
|-----------|------|---------------|--------|------|---------------------------------|------|---------|--|--|
|           |      |               |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b>    |      |         |  |  |
| Зм.       | Арк. | № Докум.      | Підпис | Дата |                                 |      |         |  |  |
| Розроб.   |      | Веселовський  |        |      | <b>Пояснювальна<br/>записка</b> |      |         |  |  |
| Перевірів |      | Шуляр І.О.    |        |      |                                 |      |         |  |  |
| Т.контр   |      | Шуляр І.О.    |        |      |                                 |      |         |  |  |
| Рецензент |      |               |        |      |                                 |      |         |  |  |
| Затвердив |      | Присяжнюк П.М |        |      |                                 |      |         |  |  |
|           |      |               |        |      | Літ.                            | Арк. | Аркушів |  |  |
|           |      |               |        |      | 8                               | 66   |         |  |  |
|           |      |               |        |      | <b>ІФНТУНГ<br/>ПМ-22-1</b>      |      |         |  |  |

## ВСТУП

Сучасне машинобудування переживає масштабну технологічну трансформацію, яка базується на принципах цифровізації, автоматизації та концепції «Індустрії 4.0». Головним вектором розвитку виробничих підприємств є відмова від ручної праці та застарілого обладнання на користь високотехнологічних комплексів. Це дозволяє радикально підвищити продуктивність, знизити собівартість продукції та забезпечити стабільну якість, що відповідає жорстким міжнародним стандартам.

Ключову роль у цьому процесі відіграють багатокоординатні металорізальні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Вони об'єднують в собі високу жорсткість конструкції, точність позиціонування інструменту та швидкість роботи. Сучасні токарні та фрезерні центри з ЧПК дозволяють реалізувати принцип концентрації технологічних операцій. Це означає, що за одне встановлення деталі можна виконати максимальну кількість переходів – від чорнового обдирання до фінішного чистового фрезерування чи нарізання складних різьб. Завдяки мінімізації кількості перевстановлень практично зникає похибка базування, зменшується допоміжний час і усувається так званий «людський фактор», який найчастіше є причиною браку.

Ефективна експлуатація обладнання з ЧПК неможлива без використання прогресивного різального інструменту. Провідні світові виробники створюють інноваційні твердосплавні пластини та монолітні фрези зі спеціальними зносостійкими покриттями. Такий інструмент здатний працювати на надвисоких швидкостях різання та подачах, витримуючи значні термічні й динамічні навантаження під час обробки складних матеріалів.

Невід'ємною частиною сучасного виробничого циклу є САМ-системи (Computer-Aided Manufacturing). Вони автоматизують процес створення керуючих програм для верстатів.

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 7    |

Таким чином, синергія сучасного парку верстатів з ЧПК, інноваційного різального інструменту та передових програмних комплексів дозволяє автоматизувати навіть складне серійне виробництво. Це забезпечує виготовлення точних і відповідальних деталей, здатних працювати в умовах високих навантажень.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 8    |

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Вал ПМ 275 00 003/26» є відповідальною деталлю типу «тіло обертання» і призначена для передачі крутного моменту, а також підтримання встановлених на ній деталей механізму (зубчастих коліс, шківів або муфт). Вона працює в умовах високих динамічних та знакозмінних навантажень, що вимагає високої точності геометричних параметрів та міцності матеріалу.

Конструктивно вал є ступінчастим циліндричним стрижнем із послідовним чергуванням шийок різних діаметрів. Наявність ступенів обумовлена технологічними вимогами для забезпечення зручного осьового фіксування та монтажу суміжних деталей. Для передачі крутного моменту в конструкції вала передбачені функціональні елементи - шпонкові пази для встановлення зубчастих коліс чи шківів.

На рис. 1.1 наведене креслення деталі «Вал ПМ 275 00 003/2».

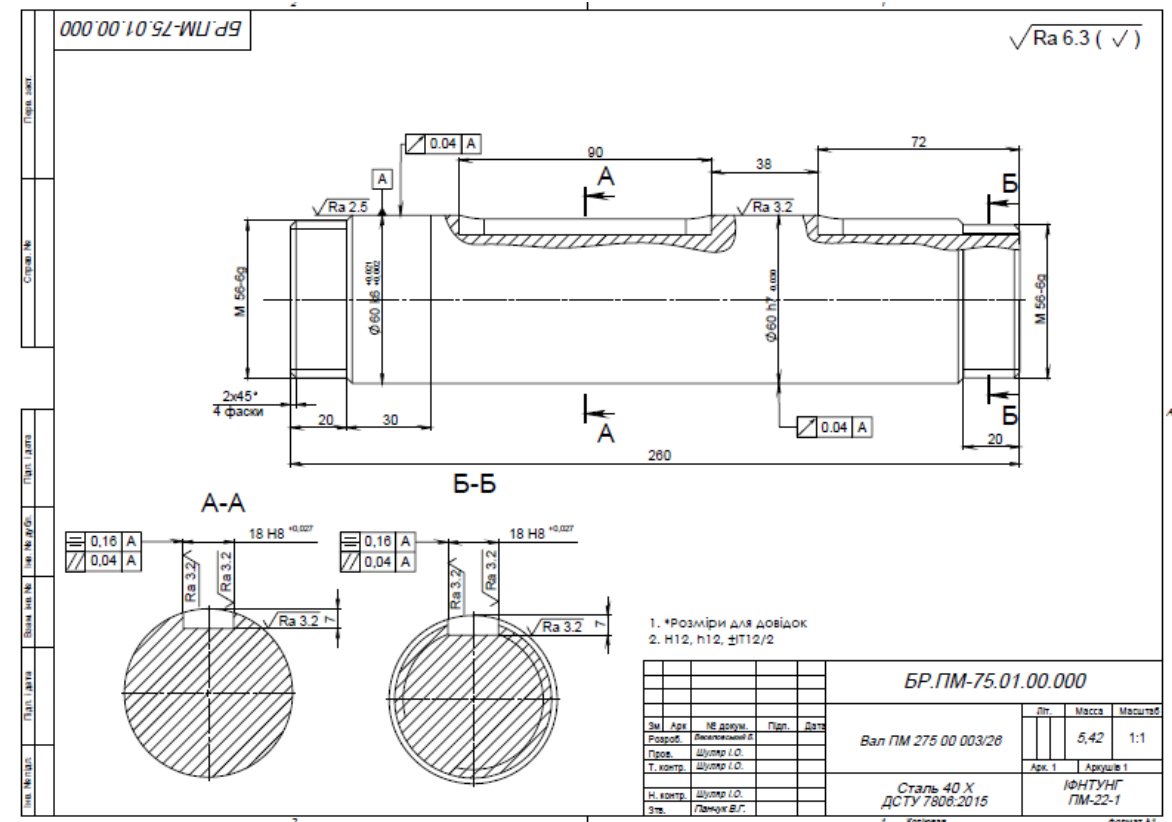


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Вал ПМ 275 00 003/26»



Для виготовлення цієї деталі на кресленні вказано конструкційну сталь марки 40Х згідно з ДСТУ 7806:2015.

Дані щодо хімічного складу та фізико-механічних параметрів матеріалу 40Х систематизовано у таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Склад сталі 40Х (за ДСТУ 7806:2015), %

| C         | Si        | Mn      | NI   | Cr      | Cu   | P      | S      |
|-----------|-----------|---------|------|---------|------|--------|--------|
| 0.36-0.44 | 0.17-0.37 | 0.5-0.8 | ≤0.3 | 0.8-1.1 | ≤0.3 | ≤0.035 | ≤0.035 |

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40Х (за ДСТУ 7806:2015)

| Марка матеріалу | Твердість по Брінелю НВ, не більше | Границя міцності при розтягу, σв МПа | Пластичність Ψ, % | Відносне видовження, δ, % |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Сталь 40Х       | 217                                | 785                                  | 45                | 10                        |

Нумерації поверхонь деталі «Вал ПМ 275 00 003/2» вказана на рисунку 1.2.

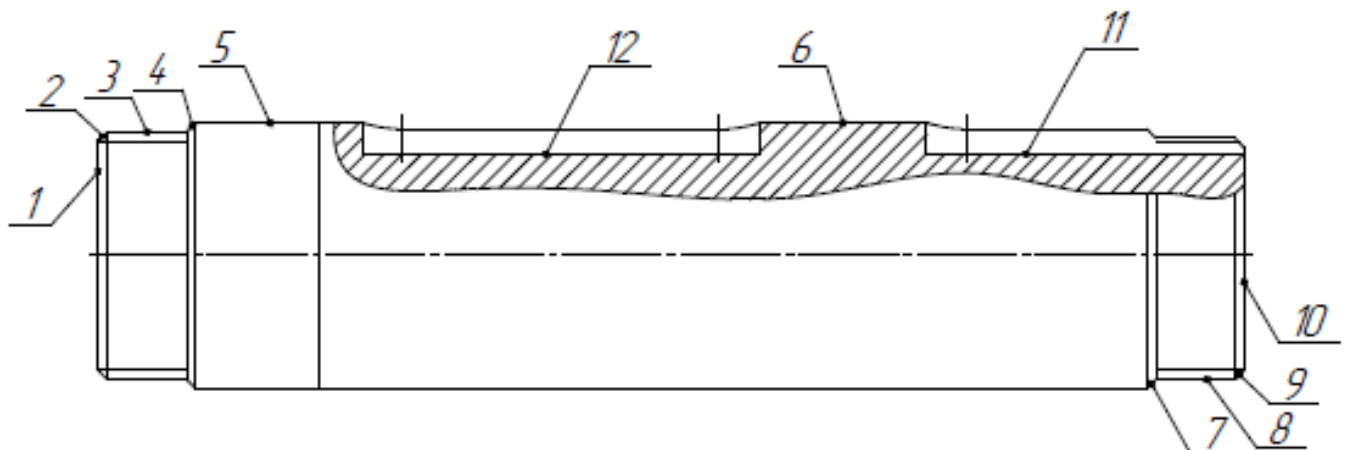


Рисунок 1.2 – Нумерації поверхонь деталі «Вал ПМ 275 00 003/26»

## 1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

Конструктивне виконання деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» відповідає формі ступінчастого тіла обертання, діаметри ступеней якого збільшуються у напрямку до центральної частини. Забезпечення тривалого експлуатаційного ресурсу та надійності деталі вимагає суворого контролю параметрів точності й шорсткості робочих поверхонь. Визначені технічні вимоги безпосередньо впливають на проектування технологічного процесу механічної обробки.

Вихідні дані, що регламентують виготовлення виробу, систематизовано та представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристики точності і шорсткості поверхонь

| № поверхні | Класифікація поверхні | Розмір та точність поверхні                                              | Точність форми і розміщення                                                                                                      | Шорсткість мкм |
|------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1,10       | Торцева               | 260 $h12_{-0,52}$                                                        | Особливих вимог немає                                                                                                            | Ra 6,3         |
| 2,4,7,9    | Фаска                 | 2x45°                                                                    | Особливих вимог немає                                                                                                            | Ra 6,3         |
| 3,8        | Різьбова              | M 56-6g                                                                  | Особливих вимог немає                                                                                                            | Ra 6,3         |
| 5          | Зовнішня циліндрична  | $\varnothing 60 k6^{+0,021}_{+0,002}$                                    | Радіальне биття відносно бази А не більше 0,04 мм                                                                                | Ra 2,5         |
| 6          | Зовнішня циліндрична  | $\varnothing 60 h7_{-0,030}$                                             | Радіальне биття відносно бази А не більше 0,04 мм                                                                                | Ra 3,2         |
| 11         | Шпонковий паз         | 7 H 12 $^{(+0,15)}$ ,<br>18H8 $^{(+0,027)}$ ,<br>R9, 72 H12 $^{(+0,3)}$  | Відхилення від симетричності відносно бази А не більше 0,16 мм<br>Відхилення від паралельності відносно бази А не більше 0,04 мм | Ra 3,2         |
| 12         | Шпонковий паз         | 7 H 12 $^{(+0,15)}$ ,<br>18H8 $^{(+0,027)}$ ,<br>R9, 90 H12 $^{(+0,35)}$ | Відхилення від симетричності відносно бази А не більше 0,16 мм<br>Відхилення від паралельності відносно бази А не більше 0,04 мм | Ra 3,2         |

Оцінка технологічних параметрів виробу здійснюється за чотирма фундаментальними напрямками: дослідження способів формування вихідної заготовки, контроль відповідності розмірним допускам, аналіз мікрогеометрії поверхонь (шорсткості) та вивчення оброблюваності металу. Сукупність цих факторів визначає побудову оптимального виробничого циклу та забезпечує безперебійне функціонування вузла.

*Аналіз деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» за критерієм виготовлення заготовки*

Ефективність конструкторського рішення прямо залежить від раціонального поєднання марки сталі та обраного методу створення заготовки. Враховуючи, що «Вал ПМ 275 00 003/26» виготовляється зі сталі 40Х в умовах середньосерійного виробництва, найбільш обґрунтованим є застосування заготовок, отриманих шляхом розкрою гарячекатаного прокату круглого перерізу.

Такий підхід підтверджує високу технологічність конструкції з позиції мінімізації витрат на початковому етапі.

*Аналіз деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» за критерієм точності*

У даному контексті технологічність розглядається як досягнення компромісу між експлуатаційною стійкістю деталі та собівартістю її обробки. Оптимізація допусків сприяє раціональному завантаженню верстатного парку та дотриманню графіків випуску.

Для оцінки точності «Вал ПМ 275 00 003/26» застосовується метод визначення середнього квалітету. Цей розрахунковий параметр, що базується на середньому арифметичному значенні точності всіх поверхонь, дозволяє комплексно оцінити складність механічної обробки та необхідні виробничі ресурси.

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 12   |

Таблиця 1.4 – Результати оцінки точності обробки поверхонь об'єкта «Вал ПМ 275 00 003/26»

| $T_i$ | $n_i$             | $T_i n_i$              |
|-------|-------------------|------------------------|
| 6     | 3                 | 18                     |
| 7     | 1                 | 7                      |
| 8     | 2                 | 16                     |
| 12    | 6                 | 72                     |
|       | $\Sigma n_i = 12$ | $\Sigma T_i n_i = 113$ |

Для розрахунку середнього квалітету зазвичай використовується формула середнього арифметичного значення номерів квалітетів для всіх оброблюваних поверхонь.

$$T_{\text{ср}} = \frac{\Sigma T_i n_i}{\Sigma n_i} = \frac{113}{12} = 9,41 \approx 10.$$

Оскільки середнє значення точності обробки поверхонь відповідає 10-му квалітету, даний виріб не потребує дотримання надвисоких прецизійних норм. Зазначений рівень точності дає змогу залучати типовий парк металорізальних верстатів і впроваджувати найбільш рентабельні методи обробки. Це значно полегшує виробничий цикл і сприяє зниженню собівартості продукції.

Враховуючи конфігурацію деталі як тіла обертання, оптимальним рішенням для забезпечення заданих розмірів є використання центрових отворів у ролі головних технологічних баз. Закріплення заготовки в центрах гарантує стабільну фіксацію під час виконання операцій, що мінімізує ризик появи вібрацій. Такий метод базування забезпечує повторюваність результатів та належну якість поверхонь при дотриманні мінімальних відхилень.

Перевірка графічної документації підтверджує раціональне розташування розмірних зв'язків, що виключає проблеми з вибором баз під час обробки. Таким чином, аналізований вал повністю відповідає вимогам технологічності в аспекті досягнення встановленої точності.

$$K_T = 1 - 1/T_{cp} = 1 - 1/10 = 0,90.$$

Виходячи з отриманих результатів, виріб можна вважати технологічним за показником точності обробки, оскільки виконується наступна математична залежність:  $0,90 > 0,8$  ( $K_T > 0,8$ ).

### *Аналіз технологічності «Вала ПМ 275 00 003/26» за критерієм шорсткості поверхонь*

Стан мікрорельєфу поверхонь є одним із визначальних чинників технологічності конструкції. Рациональне призначення параметрів шорсткості дозволяє знайти компроміс між робочим ресурсом вузла та економічною доцільністю його обробки. Під час регламентації чистоти поверхонь беруться до уваги експлуатаційні завдання деталі, специфіка її взаємодії з іншими компонентами агрегату та масштаби виробничої програми.

Поточний аналіз спрямований на розрахунок усередненого показника шорсткості для всього виробу. Отриманий результат стане базою для підбору відповідних фінішних операцій (шліфування, полірування тощо) та вибору різального інструменту.

Таблиця 1.5 – Аналіз характеристик шорсткості поверхонь деталі вал «Вал ПМ 275 00 003/26»

| $\text{Ш}_i$ | $n_i$             | $\text{Ш}_i n_i$               |
|--------------|-------------------|--------------------------------|
| Ra (2,5)     | 1                 | 2,5                            |
| Ra (3,2)     | 3                 | 9,6                            |
| Ra (6,3)     | 8                 | 50,4                           |
|              | $\Sigma n_i = 12$ | $\Sigma \text{Ш}_i n_i = 62,5$ |

Для узагальненої оцінки стану поверхонь обчислимо показник середньої шорсткості виробу, використовуючи наступну математичну залежність:

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i} = \frac{62,5}{12} = 5,21 \approx 5,2 \text{ (Ra 6,3)}.$$

Згідно з результатами обчислень, середнє значення шорсткості для поверхонь «Вала ПМ 275 00 003/26» зафіксовано на рівні Ra 6,3 мкм. Дані параметри чистоти уможливлють застосування інтенсивних режимів різання, що оптимізує часові та фінансові витрати на виробництво.

З огляду на геометричну приналежність деталі до класу тіл обертання, домінуючим методом її формоутворення є токарна обробка. Експлуатація обладнання токарної групи є технічно обґрунтованою, оскільки гарантує сталість якісних показників циліндричних сегментів та точність геометричних форм.

Універсальний характер точіння для валів такої складності дозволяє безперешкодно реалізувати встановлені технічні приписи. Отже, за параметром мікрорельєфу конструкція виробу є цілком технологічною.

Подальший етап аналізу передбачає обчислення коефіцієнта шорсткості для детальної верифікації якості оброблених поверхонь».

$$K_{\text{ш}} = 1/Ш_{\text{ср}} = 1/6,3 = 0,15.$$

Аналізований виріб відповідає вимогам технологічності за коефіцієнтом шорсткості поверхонь, оскільки підтверджується виконання наступної математичної умови:  $0,15 < 0,32$  ( $K_{\text{ш}} < 0,32$ ).

#### *Аналіз деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» за критерієм оброблюваності різанням*

Здатність конструкційного матеріалу до механічної обробки є ключовим фактором, що визначає складність процесу зняття стружки. Цей показник безпосередньо корелює з інтенсивністю зношування різального інструменту, енергоємністю операцій та якісними характеристиками сформованих поверхонь, що в сукупності впливає на собівартість виробництва.

Технологічна доцільність виготовлення «Вала ПМ 275 00 003/26» базується на раціональному виборі матеріалу – хромистої конструкційної сталі

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 15   |

40X. Дана марка характеризується невисокою оброблюваністю (коефіцієнт  $K_{об} = 0,85$ ), що свідчить про її задовільну придатність до токарних, фрезерних та шліфувальних операцій.

На основі вивчення властивостей матеріалу можна стверджувати, що за параметром оброблюваності конструкція вала є цілком технологічною та відповідає вимогам серійного виробництва.

#### 1.4. Обґрунтування річної програми та розрахунок величини виробничої партії

Під виробничою програмою випуску прийнято розуміти перелік об'єктів виробництва, що підлягають випуску або ремонту, із зазначенням їх кількісного складу та встановлених термінів реалізації для кожного найменування (відповідно до положень ДСТУ 3278-95).

Згідно з регламентом ДСТУ 2960-94, обсяг випуску відображає сукупну кількість або загальну масу виробів певного типу, виготовлених за визначений проміжок часу. Ця величина формується на підставі маркетингових досліджень, оцінки наявних виробничих потужностей заводу та його перспективних стратегічних цілей.

На основі конструкторських даних, фактична маса деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» становить 5,42 кг. Виходячи із заданих параметрів проєкту, попередньо визначено характер виробництва як середньосерійний.

Для проведення подальших технологічних обчислень встановлено річну програму випуску в обсязі ( $N = 600$ ) штук (базуючись на нормативних рекомендаціях [4], табл. 1.1).

Визначення оптимального розміру партії деталей здійснюється за такою розрахунковою залежністю:

$$n_p = \frac{N \cdot a}{F},$$

де  $a = 12$  днів – часовий інтервал між надходженням нових партій заготовок у виробничий процес

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 16   |

$F = 261$  – сукупна кількість офіційних робочих днів протягом одного календарного року.

Отже,

$$n_p = \frac{600 \cdot 12}{261} = 27,58 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість деталей в партії  $n_p = 28$  шт.

### 1.5. Обґрунтування технологічних методів досягнення заданої точності та якості поверхонь

Для кожного конструктивного елемента деталі необхідно встановити раціональні методи механічного впливу, які дозволять стабільно витримувати регламентовані допуски та параметри шорсткості. Проектований технологічний маршрут має базуватися на принципі послідовного уточнення: від попереднього (чорнового) видалення припуску до фінішного формування поверхонь із поступовим підвищенням їхнього квалітету та чистоти.

Зведений перелік обраних способів обробки для всіх поверхонь виробу систематизовано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Технологічні методи реалізації вимог до точності та мікрорельєфу «Вала ПМ 275 00 003/26»

| № поверхні | Розмір та точність поверхні           | Вид обробки                                                | Тип верстату                          | Шорсткість мкм |
|------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 1,10       | 260 $h12_{-0,52}$                     | Чорнове фрезерування                                       | Фрезерно-центрувальний верстат        | Ra 6,3         |
| 2,4,7,9    | 2x45°                                 | Однократне точіння                                         | Токарний з ЧПК                        | Ra 6,3         |
| 3,8        | M 56-6g                               | Точіння попереднє<br>Точіння чистове<br>Точіння різьби     | Токарний з ЧПК                        | Ra 6,3         |
| 5          | $\varnothing 60 k6^{+0,021}_{+0,002}$ | Точіння попереднє<br>Точіння чистове<br>Чорнове Шліфування | Токарний з ЧПК<br>Кругло-шліфувальний | Ra 2,5         |

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 17   |



|    |                                                                                            |                                                       |                                 |        |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|--------|
| 6  | $\varnothing 60\ h7_{-0,030}$                                                              | Точіння попереднє<br>Точіння чистове<br>Точіння тонке | Токарний з ЧПК                  | Ra 3,2 |
| 11 | 7 H 12 <sup>(+0,15)</sup> ,<br>18H8 <sup>(+0,027)</sup> ,<br>R9, 72 H12 <sup>(+0,3)</sup>  | Чорнове<br>фрезерування                               | Вертикально-<br>фрезерний з ЧПК | Ra 3,2 |
| 12 | 7 H 12 <sup>(+0,15)</sup> ,<br>18H8 <sup>(+0,027)</sup> ,<br>R9, 90 H12 <sup>(+0,35)</sup> | Чорнове<br>фрезерування                               | Вертикально-<br>фрезерний з ЧПК | Ra 3,2 |

### 1.6 Вибір способу отримання заготовки.

При визначенні способу виробництва заготовки пріоритетним є забезпечення максимальної геометричної подібності заготовки до конфігурації готового виробу. Такий підхід сприяє скороченню обсягів зняття припуску та зменшенню металомісткості процесу. Окрім технічних аспектів, до уваги береться економічна доцільність: витрати на матеріал та обсяги серійності, що сукупно формують собівартість одиниці продукції.

Враховуючи компактні розміри, малу вагу та відносно нескладну форму вала з помірними перепадами діаметрів, впровадження штампувальних операцій є економічно недоцільним. Найбільш обґрунтованим рішенням для таких умов виступає використання гарячекатаного сталевого прокату стандартної точності (відповідно до ДСТУ 4738:2007). Для виготовлення деталі вибираю сортовий прокат зі сталі 40Х (ДСТУ 7806:2015). Згідно з ДСТУ 4738:2007, маса одного метра прокату (діаметром 65 мм) дорівнює 6,88 кг. Під час обчислення довжини враховано необхідний запас на обробку торців (по 2 мм із кожного боку). Отже, сумарна довжина заготовки з урахуванням технологічного припуску на фрезерування становить 264 мм.

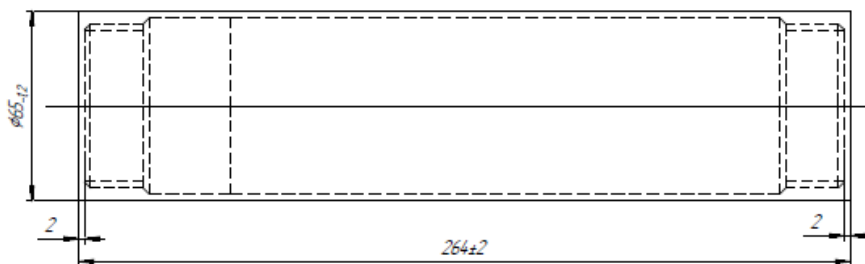


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки для обробки деталі

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 18   |

Для оцінки ефективності використання сировини та рівня безвідходності обраного методу виготовлення розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу який визначається за даною формулою.

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{5,42}{6,88} = 0,78.$$

### 1.7 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Виробничий цикл виготовлення деталі здійснюється на основі спеціально підготовлених керуючих алгоритмів (КП). Для перевірки коректності траєкторій переміщення робочих органів та мінімізації ризику виникнення браку застосовується програмний модуль імітації обробки. Геометрична специфіка виробу, що полягає у наявності низки ступенів, обумовлює доцільність їх обробки за одну технологічну установку.

Таке рішення гарантує високу точність взаємного розташування поверхонь (співвісність) та зменшує витрати часу на допоміжні переходи.

Перелік операцій та послідовність етапів виготовлення «Вала ПМ 275 00 003/26» представлено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Структура технологічного процесу механічної обробки деталі

| № оп | Назва та зміст операції                                                                                                           | Верстат та пристрій                                                           | Інструмент                                                                           | Схема установки |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 010  | Фрезерно-центрувальна<br>1. Фрезерувати торці пов. 1 та пов.10<br>2. Свердлити центрові отвори А6,5 ДСТУ 14034-74 на пов. 1 та 10 | Фрезерно-центрувальний верстат HITACHI SEIKI HG 500<br><br>Пристрій фрезерний | Фреза торцева «MR20-AR051R19-13H»<br>Свердло центрувальне А 6,5/12 ДСТУ ISO 866:2018 | Рисунок 1.4     |

|     |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 020 | Токарна з ЧПК<br>1. Однократно<br>точити поверхні<br>9,7.<br>2. Попередньо<br>точити поверхні<br>8,6.<br>3. Начисто точити<br>поверхні 8,6<br>4. Тонко точити<br>поверхні 8.<br>5. Начисто точіння<br>нарізі 6. | Токарний верстат з<br>ЧПК HAAS ST-<br>15Y<br><br>Центр верстатний | Різець «DCLNR<br>2525M 16»<br>Пластинка різця<br>«CNMG 16 06 08-<br>PR 4425»<br>Різець «CP-25BR-<br>2525-12»<br>Пластинка різця<br>«CP-B1208D-M7<br>4425»<br>Різець різьбовий<br>«266RFG-2525-<br>22»<br>Пластинка різця<br>різьбова «266RG-<br>22MM01A550M<br>1125» | Рисунок<br>1.5 |
| 030 | Токарна з ЧПК<br>1. Однократно<br>точити поверхні 2,<br>4.<br>2. Попередньо<br>точити поверхні 3,<br>5.<br>3. Начисто точити<br>поверхні 3, 5<br>4. Начисто точіння<br>нарізі 6.                                | Токарний верстат з<br>ЧПК HAAS ST-<br>15Y<br><br>Центр верстатний | Різець «DCLNR<br>2525M 16»<br>Пластинка різця<br>«CNMG 16 06 08-<br>PR 4425»<br>Різець «CP-25BR-<br>2525-12»<br>Пластинка різця<br>«CP-B1208D-M7<br>4425»<br>Різець різьбовий<br>«266RFG-2525-<br>22»<br>Пластинка різця<br>різьбова «266RG-<br>22MM01A550M<br>1125» | Рисунок<br>1.6 |
| 040 | Кругло-шліфувальна<br>1. Шліфувати<br>поверхню 5<br>начорно.                                                                                                                                                    | Кругло-<br>шліфувальний<br>верстат<br>Cormak MW<br>200x750        | Круг<br>шліфувальний<br>Scherrach<br>(Ø200x40x16 мм.,<br>K100)                                                                                                                                                                                                       | Рисунок<br>1.7 |

|     |                                                                                |                                                                                          |                                       |             |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| 050 | Вертикально-фрезерна з ЧПК<br>1. Фрезерувати паз 11.<br>2. Фрезерувати паз 12. | Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК<br>Kitamura Mycenter 3020G<br><br>Пристрій фрезерний | Фреза кінцева<br>«1K344-1800-XD 1730» | Рисунок 1.8 |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|

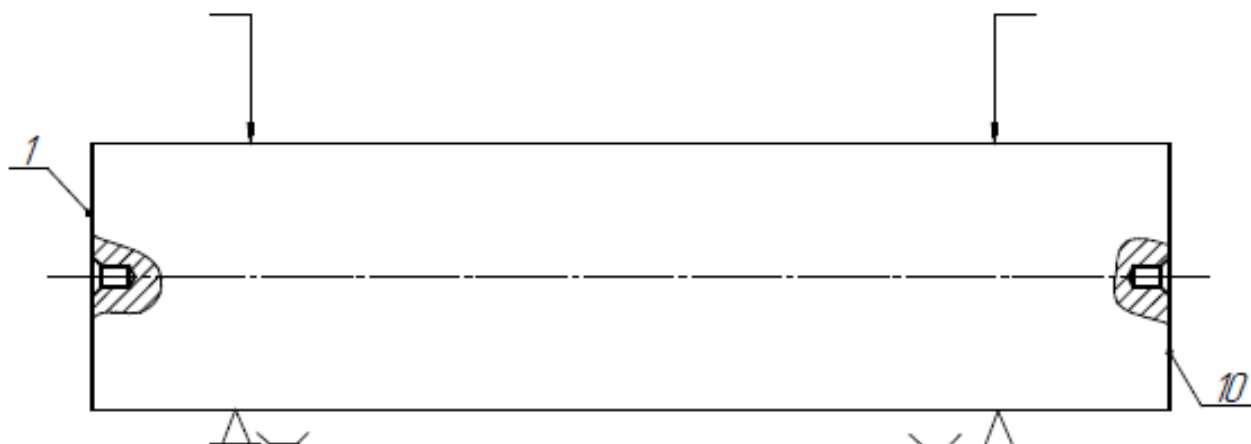


Рисунок 1.4 – Схема установки на операцию 010

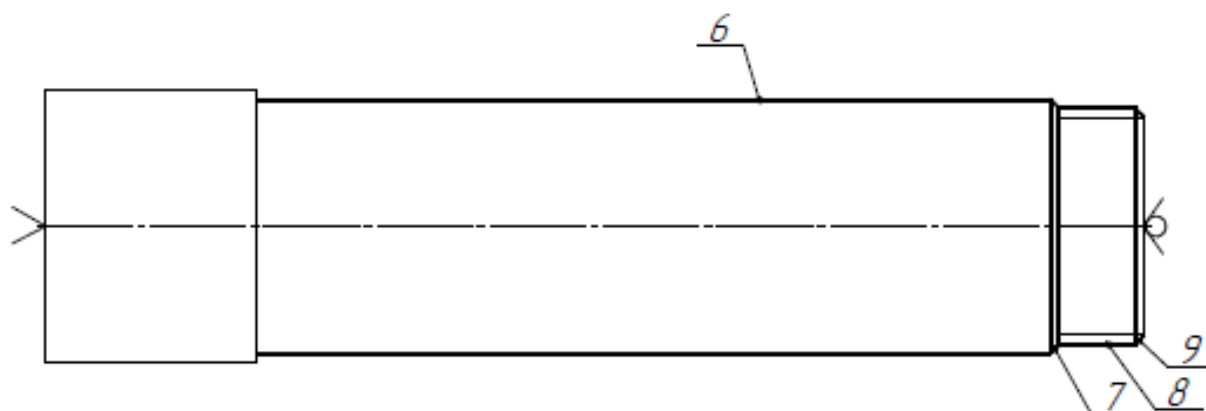


Рисунок 1.5 – Схема установки операцию 020

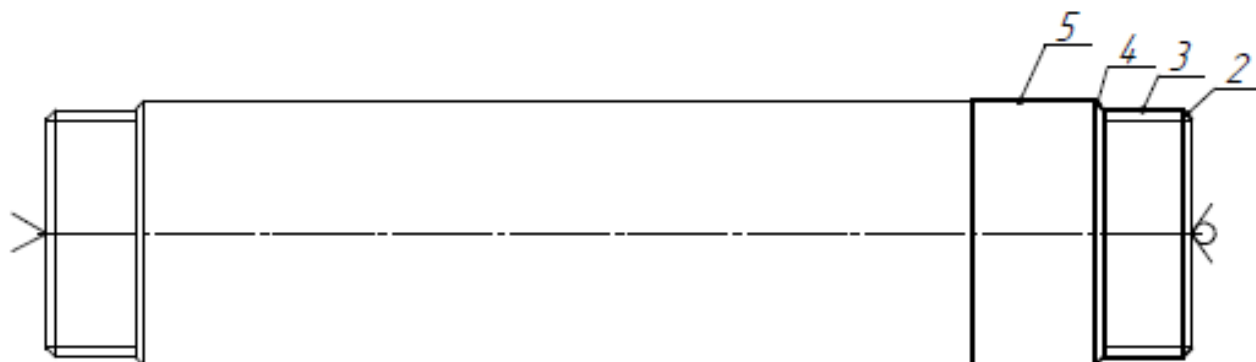


Рисунок 1.6 Схема установки операцию 030

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 21   |

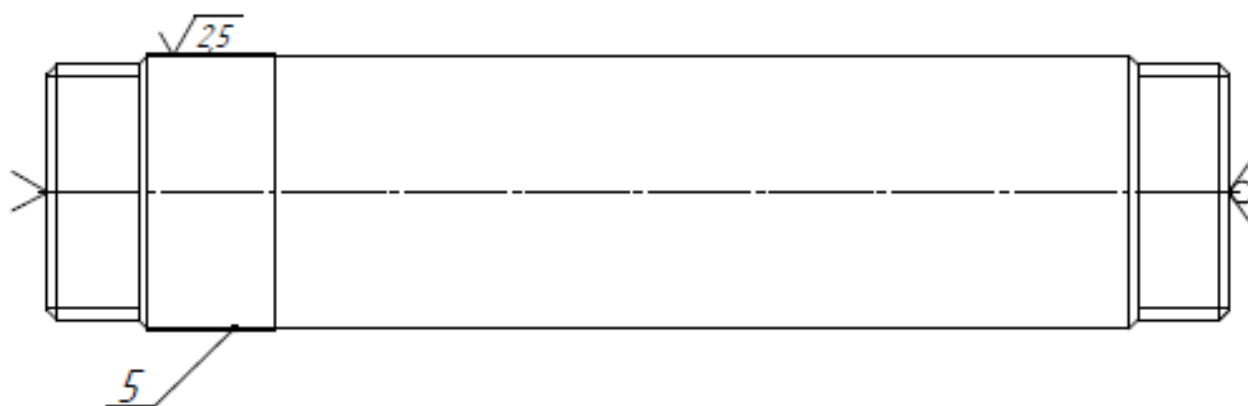


Рисунок 1.7 Схема установки на операцію 040

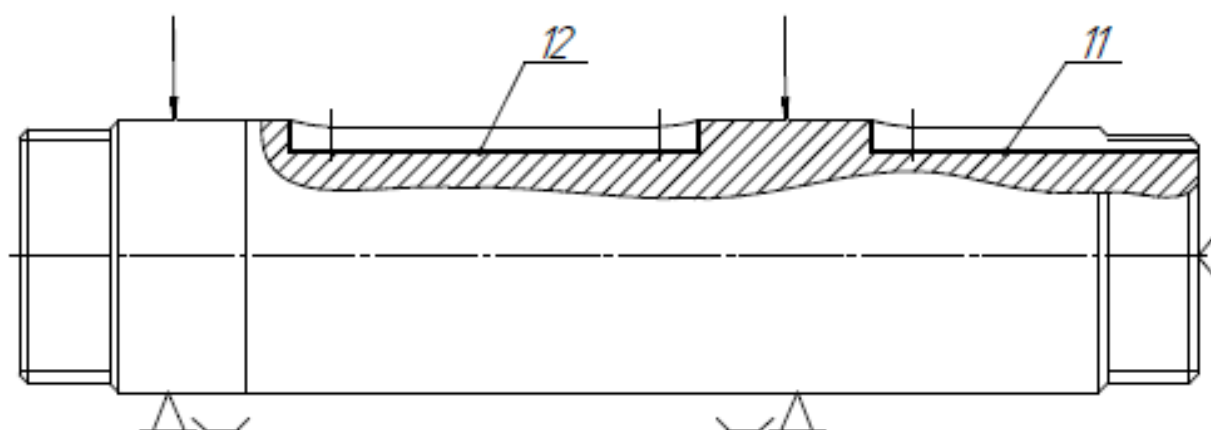


Рисунок 1.8 Схема установки на операцію 050

## 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Технічний опис фрезерного пристосування

#### *Функціональне призначення та принцип дії*

Це верстатне оснащення спроектоване для встановлення та закріплення деталі «Вал» під час фрезерування шпонкових пазів. Схема базування передбачає встановлення заготовки на дві опорні призми, що забезпечує суміщення осей, а поздовжній рух обмежується торцевим упором.

Безпосереднє закріплення деталі здійснюється парою важільних прихватів.

#### *Особливості конструктивного виконання:*

Опорою пристрою служить сталева плита. На її поверхні розташовані функціональні вузли: установчі призми, обмежувач (упор) та затискна система. Монтаж усієї конструкції на фрезерному верстаті виконується за допомогою Т-подібних пазів верстатного столу. Для нівелювання похибок встановлення та точної орієнтації відносно шпинделя в конструкцію інтегровані дві напрямні шпонки (виготовлені за квалітетом 18Н8), які входять у центральний паз столу.

### 2.2 Обчислення зусилля затискання заготовки для фрезерної операції

При проектуванні технологічного оснащення пріоритетним етапом є розрахунок сили закріплення, яка гарантує нерухомість деталі та її статичну стійкість під час обробки. В основу розрахункової моделі покладено аналіз взаємодії сил різання, сил тертя у зонах контакту, інерційних складників та реакцій з боку опорних елементів. Також враховується вплив жорсткості та пружних деформацій самого затискного механізму на надійність фіксації.

Для нівелювання динамічних коливань, нерівномірності припусків та інших нестабільних факторів механічної обробки, розрахункове зусилля коригується коефіцієнтом запасу (К). У машинобудівній практиці цей показник зазвичай варіюється в межах 2,0–3,5, залежно від конкретних умов виконання операції.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 23   |

*Методика визначення інтегрального коефіцієнта надійності K:*  
Загальне значення  $K$  розраховується шляхом перемноження окремих парціальних коефіцієнтів:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

Де

$K_0$  – фундаментальний коефіцієнт, що визначає гарантований рівень надійності закріплення.

$K_1$  – параметр, що враховує якість технологічної бази (для заготовок із чорновими поверхнями, як-от литво чи поковки, становить 1,2; для попередньо оброблених поверхонь – 1,0).

$K_2$  – показник збільшення силових факторів внаслідок поступового зношування та затуплення інструменту.

$K_3$  – поправковий множник, що базується на фізико-хімічних параметрах оброблюваного металу.

$K_4$  – коефіцієнт, що нівелює вплив ударних навантажень, характерних для переривчастих методів обробки.

$K_5$  – коефіцієнт, що описує стабільність джерела сили (при використанні ручного затискного приводу його значення дорівнює 1,1).

$K_6$  – ергономічна складова, пов'язана зі зручністю та зусиллям, яке прикладає робітник до рукоятки затискача.

$K_7$  – враховує ризики кутового зміщення (розвороту) деталі відносно її опорних елементів під дією крутних моментів. Виконаємо розрахунок:

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1 = 3,08$$

Визначення необхідних параметрів закріплення об'єкта обробки базується на принципах класичної статички, що розглядають умови стабільної рівноваги заготовки під впливом зовнішніх факторів. Процес починається з формування розрахункової моделі, на якій відображаються вектори навантажень у місцях контакту. На даній схемі представлені складові сили

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 24   |

різання, виникаючі крутні моменти, прикладені зусилля фіксації, а також вектори реакцій опорних елементів і сили тертя, що діють у зонах спряження заготовки з пристроєм.

Спираючись на побудовану модель, проводиться аналіз можливих траєкторій зміщення або кутового повороту валу. Подальший розрахунок передбачає формування системи статичних рівнянь: шляхом проектування всіх силових векторів на осі потенційних переміщень визначається мінімально допустиме значення затискного зусилля, що гарантує надійність базування.

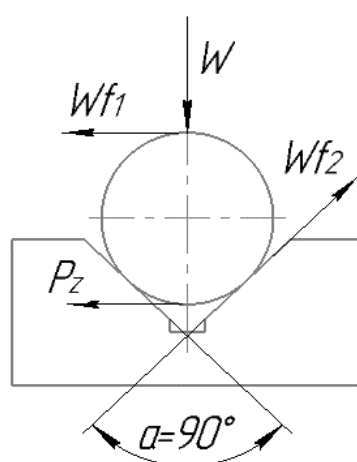


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема розподілу силових факторів під час фрезерування.

### 2.3 Розрахункова схема пристрою.

Об'єкт обробки позиціонується в призматичній опорі з кутом профілю альфа. Під час фрезерування на заготовку впливають основні технологічні навантаження: крутний момент та осьова складова сили різання. Надійна стабілізація валу в пристрої забезпечується завдяки виникненню сил та моментів тертя в місцях контакту з опорами, які нівелюють прагнення деталі до поздовжнього зсуву або прокручування навколо своєї осі. З огляду на умови статичної рівноваги, математична залежність для визначення необхідного зусилля набуває такого вигляду:

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 25   |



$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_{\text{кр}}}{d \cdot (f_1 + f_{\text{пр}})}$$

$$\text{де } f_{\text{пр}} = f_2 \cdot \frac{1}{\sin(\alpha/2)} = 0,15 = 0,15 \cdot \frac{1}{\sin(90/2)} = 0,21$$

$f_1$  і  $f_2$  – Даний параметр визначає величину фрикційної протидії, яка генерується в зонах контакту заготовки з базувальними елементами та притискними пристроями.  $f = f_1 = f_2 = 0,15$ ;

$$W = \frac{P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot K}{f_1 \cdot \frac{d}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot f_2 + 1 \right)} = \frac{181,8 \cdot 30 \cdot 3,08}{0,15 \cdot 30 \cdot (1/\sin 45 \cdot 0,15 + 1)} = 3064,6 \text{ Н}$$

Величину осьової складової сили різання  $P_z$  визначають за наступною залежністю:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{\text{мр}}, \text{ Н}$$

де  $n = 1200$  – частота обертання фрези, об/хв;

$z = 4$  – кількість зубів фрези;

Показники степенів та емпіричний коефіцієнт  $CP$  для визначення сили  $P_z$ , обрані за довідковими даними (табл. 47):

$CP = 68,5$  – сталий коефіцієнт, що залежить від властивостей матеріалу;

$q = 0,80$  – показник впливу діаметра фрези при обробці сталевих

заготовок;

$y = 0,70$  – степінь впливу величини подачі на зусилля різання;

$x = 0,85$  – степінь, що враховує глибину фрезерування;

$u = 0,5$  – показник, що характеризує ширину (довжину) контакту фрези;

$w = 0$  – параметр, що враховує період стійкості різального інструменту.

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,5 \cdot 7^{0,85} \cdot 0,059^{0,70} \cdot 90^{0,5} \cdot 4}{18^{0,8} \cdot 1200^0} \cdot 0,976 = 181,8 \text{ Н}$$

Поправковий коефіцієнт  $K_{\text{мр}}$  розраховується за формулою:

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma^6}{750} \right)^n$$

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 26   |

$$K_{mp} = \left( \frac{735}{750} \right)^{1,2} = 0,976$$

де  $n=1.2$  – показник степеня.

Щоб досягти потрібного зусилля затискання, у пристрої використано важільну систему, робочим елементом якої є прихват із заданою пропорцією довжини плечей.  $l_1=80$  и  $l_2=85$ .

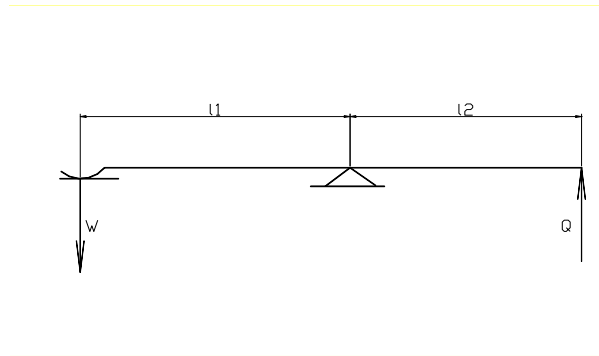


Рисунок 2.2 – Розрахункова модель розподілу навантажень на затискний важіль

Геометричні характеристики поперечного профілю прихвата (матеріал виготовлення – конструкційна сталь 45) визначаються на основі умов міцності за такою математичною залежністю:

$$\sigma_{из} = M_{из}/Z = 6 \cdot W \cdot l_1 / (b_n \cdot h_n^2),$$

де  $\sigma_{из}$  - діюче напруження при згині (для нормалізованої сталі 45 гранично допустиме значення становить  $[\sigma_{из}] = 140$  МПа);

$W$  – фактичне зусилля фіксації, яке створює механізм;

$l_1$  – активна довжина плеча (дистанція від осі прикладання навантаження до критичного перерізу);

$b_n$  - розрахункова ширина прихвата в місці найбільшої концентрації напружень, мм;

$h_n$  - висота профілю (виходячи з конструктивних параметрів пристрою, встановлюємо  $h_n = 20$  мм);

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 27   |

$Z$  – осьовий момент опору для прямокутної форми перерізу, що визначається як

$$Z = b_n h_n^2 / 6, \text{ мм}^3.$$

Виконавши алгебраїчні перетворення вихідного рівняння відносно шуканої величини, отримаємо формулу для визначення мінімально допустимої ширини елемента:

$$b_n = \frac{6 \cdot W \cdot l_1}{[\sigma] \cdot h_n^2} = \frac{6 \cdot 3064,6 \cdot 80}{140 \cdot 20^2} = 26,27, \text{ приймаємо } 27 \text{ мм}$$

Наступним етапом є розрахунок параметрів затискного вузла. Конструктивно цей пристрій являє собою комбіновану систему, що поєднує в собі силовий важіль та гвинтовий механізм.

$$\text{Для котрого: } Q = W \cdot i_{c,p} \cdot i_{c,g}$$

Визначальною характеристикою затискного вузла є його силовий вигрaш. У випадку з важільною підсистемою цей параметр демонструє ступінь трансформації вхідного зусилля і визначається за такою залежністю:  $i_{c,p} = \frac{l_1}{l_2}$ ,

Для гвинтового механізму:

$$i_{c,g} = \frac{r_{cp}}{l} \operatorname{tg}(\alpha + \phi_1)$$

Метою розрахунку важільних систем є встановлення кореляції між зусиллям фіксації  $W$  та вихідною силою приводу  $Q$ :

$$Q = W \frac{l_1}{l_2} = 3064,6 \cdot \frac{80}{85} = 2884,32 \text{ Н.}$$

Для розрахунку параметрів гвинтового механізму необхідно визначити номінальний діаметр різьби  $d = C \sqrt{Q / [\sigma]} = 1,4 \cdot \sqrt{2884,32 / 80} = 8,41$ . Для забезпечення міцності приймаємо  $d=12$

де  $C$  – Для стандартної метричної різьби з основним кроком використовується розрахунковий коефіцієнт, що враховує геометрію профілю та умови тертя. Його величина зазвичай становить:  $C=1,4$ ;

$Q$  – Розрахункова величина зусилля фіксації;

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 28   |

$[\sigma]$  - При використанні гвинтів із конструкційної сталі 45, зважаючи на ризики поступової деградації (зносу) нарізних витків, величину гранично допустимого напруження при розтягуванні приймають такою:  $[\sigma] = 80 \text{ МПа}$ .

- Величину крутного моменту  $M$ , необхідного для маніпуляцій із гайкою чи головкою гвинта з метою генерації заданого зусилля, визначають за наступним розрахунковим співвідношенням:

$$M = r_{cp} \cdot Q \cdot tg(\alpha + \phi) + M_{тр}$$

де  $r_{cp}$ - середній радіус профілю обраної різьби (можна прийняти  $r_{cp} = 0,45d$ );

$\alpha$  - відповідно кут підйому гвинтової лінії нарізі М12;

$\phi$  - кут тертя нарізі М12;

$M_{тр}$  - момент опору тертя, що виникає на опорній площині гайки.

При середніх значеннях  $\alpha = 2^\circ 30'$ ;  $\phi = 10^\circ 30'$ ;  $D = 1,7d$ ;  $f = 0,15$  допускається використання спрощеної методики обчислення моменту  $M$ :

$$M = 0,2 \cdot d \cdot Q = 0,2 \cdot 12 \cdot 2884,32 = 6922,36 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

-момент відкріплення гвинтового затискного пристрою визначається за

$$\text{формулою : } M' = r_{cp} \cdot Q \cdot tg(\phi' - \alpha) + M_{тр}$$

Після перетворень отримаємо:

$$M' = 0,25 \cdot d \cdot Q = 0,25 \cdot 12 \cdot 2884,32 = 8652,96 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

- Обчислення робочої довжини (вильоту) рукоятки ключа  $l$  базується на умові рівноваги моментів. При цьому враховується нормативне зусилля на руку оператора  $P_{пр} \leq 150 \text{ Н}$ ) з умови рівноваги гайки (гвинта):

$$P_{пр} \cdot l = M'$$

Звідси:

$$l = \frac{M'}{P_{пр}} = \frac{8652,96}{150} = 57,69 \text{ мм}.$$

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 29   |

## 2.4 Перевірка різьбового з'єднання на міцність .

Найбільш критичним елементом у конструкції розробленого пристосування є опорна шпилька, що піддається інтенсивному розтягувальному впливу. Сукупне навантаження, яке припадає на цей компонент, обчислюється як сума зусилля фіксації та протидії з боку привода ( $W + Q$ ). Оцінка міцнісних характеристик шпильки здійснюється за її небезпечним перерізом – внутрішнім діаметром різьби. Такий підхід зумовлений тим, що саме ця ділянка має найменшу площу поперечного профілю і є найбільш схильною до руйнування (розриву) під дією напружень.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]}}$$

де  $s$  – коефіцієнт (для метричних різьб становить  $S=1,4$ );

$[\sigma_p]=175$  МПа – допустиме напруження при розтягуванні.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2884,32}{3,14 \cdot 175}} = 4,58 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо шпильку діаметром М12 зі сталі 45.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 30   |

## 2.5 Вибір режимів різання

Розрахунок технологічних режимів механічної обробки проводився із застосуванням програмного комплексу від компанії SANDVIK Coromant. Цей інструментарій було обрано з огляду на високу точність обчислень та повну відповідність актуальним промисловим вимогам. Використовуючи систему деталізованих фільтрів (враховуючи характеристики матеріалу заготовки та задану шорсткість поверхні), виконано професійний підбір різального інструменту та визначено оптимальні параметри обробки.

Отримані дані, скориговані з урахуванням можливостей обраних верстатів, представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри режимів різання

| № Оп. | Назва та зміст операції                                         | Розміри оброблювальної поверхні |        | Режими різання |           |          |          | Основний час $T_o$ , хв. |
|-------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------|----------------|-----------|----------|----------|--------------------------|
|       |                                                                 | D, мм.                          | L, мм. | t, мм.         | S, мм/об. | V, м/хв. | n, хв.-1 |                          |
| 010   | Фрезерно-центрувальна<br>1. Фрезерувати торці пов. 1 та пов.10. | 65                              | 2      | 1              | 0,6       | 120      | 590      | <b>0,220</b><br>0,220    |
| 020   | Токарна з ЧПК<br>1. Однократно точити поверхню 9                | 56                              | 2      | 1              | 0,4       | 80       | 850      | <b>5,400</b><br>0,02     |
|       | 2.Попередньо точити поверхню 8.                                 | 57                              | 20     | 1,5            | 0,4       | 70       | 850      | 0,210                    |
|       | 3.Однократно точити поверхню 7.                                 | 60                              | 2      | 1              | 0,4       | 70       | 850      | 0,02                     |
|       | 4.Попередньо точити поверхню 6.                                 | 62                              | 190    | 1,5            | 0,4       | 70       | 850      | 0,850                    |
|       | 6.Начисто точити поверхню 8.                                    | 56                              | 20     | 0,5            | 0,15      | 90       | 850      | 0,270                    |
|       | 7.Начисто точити поверхню 6.                                    | 60,4                            | 190    | 0,5            | 0,4       | 90       | 1000     | 1,530                    |
|       | 8.Тонко точити поверхню 8.                                      | 60                              | 190    | 0,2            | 0,1       | 100      | 1100     | 2,20                     |
|       | 9 Начисто точити нарізь 8.                                      | 56                              | 20     | 0,5            | 5,5       | 80       | 840      | 0,300                    |

|     |                                                                                               |    |    |      |                  |                |      |                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|------------------|----------------|------|-----------------------|
| 030 | Токарна з ЧПК<br>1.Однократно точити<br>поверхню 2.                                           | 56 | 2  | 1,5  | 0,4              | 70             | 850  | <b>1,450</b><br>0,02  |
|     | 2.Попередньо точити<br>поверхню 3.                                                            | 57 | 20 | 1,5  | 0,4              | 70             | 850  | 0,210                 |
|     | 3. Однократно точити<br>поверхню 4.                                                           | 60 | 2  | 1    | 0,4              | 70             | 850  | 0,02                  |
|     | 4.Попередньо точити<br>поверхню 5.                                                            | 62 | 30 | 1,5  | 0,4              | 70             | 850  | 0,230                 |
|     | 5.Начисто точити<br>поверхню 3.                                                               | 56 | 20 | 0,5  | 0,15             | 90             | 1000 | 0,270                 |
|     | 6.Начисто точити<br>поверхню 5.                                                               | 60 | 30 | 0,5  | 0,15             | 90             | 100  | 0,400                 |
|     | 7 Начисто точити<br>нарізь 3.                                                                 | 56 | 20 | 0,5  | 5,5              | 80             | 840  | 0,300                 |
| 040 | Круглошліфувальна з<br>1. Начисто шліфувати<br>поверхню 5.<br>витримуючи<br>шорсткість Ra 2,5 | 60 | 30 | 0,05 | S,<br>м/хв<br>15 | Vk/Vd<br>30/30 |      | <b>0,850</b><br>0,850 |
| 050 | Вертикально-фрезерна<br>з ЧПК<br>1.Чорнове<br>фрезерування пазу 11.                           | 18 | 72 | 1,5  | 0,059            | 65,8           | 1200 | <b>2,020</b><br>0,900 |
|     | 2. Чорнове<br>фрезерування пазу 12.                                                           | 18 | 90 | 1,5  | 0,059            | 65,8           | 1200 | 1,120                 |

### 3. ВИБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

#### 3.1 Вибір технологічного устаткування для виготовлення вала.

Для реалізації виробничого циклу обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» було визначено оптимальний склад верстатного парку. Зокрема, технологічний процес передбачає використання наступного обладнання: фрезерно-центрувального верстату HITACHI SEIKI HG 500, токарного центру з числовим програмним керуванням Haas ST-15Y, круглошліфувального агрегату Cormak MW 200x750, а також вертикально-фрезерного верстата з ЧПК Kitamura Mycenter-3020G.

Детальні параметри та технічні показники обраних моделей наведені у наступних розділах.

#### *Фрезерно-центрувальний верстат HITACHI SEIKI HG 500*

Дане обладнання призначене для підготовки заготовок (валів та осей) до подальших стадій механічної обробки. Завдяки наявності двох активних шпинделів реалізується двостороннє фрезерування торців у межах одного робочого циклу. Фіксація заготовки під час операції здійснюється в затискних лещатах.

Конструктивно фрезерні та свердлильні шпинделі згруповані в агрегатних головках. Таке компонування забезпечує сувору паралельність оброблених торців та ідеальну співвісність центрових отворів. Виконання торцювання та центрування за одну установку дозволяє досягти високої точності: осі отворів позиціонуються чітко перпендикулярно до торцевих поверхонь, що є критично важливим для стабільності подальшої обробки валів.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 33   |



Таблиця 3.1- Технічні характеристики фрезерно-центрувального верстата HITACHI SEIKI HG 500

|                                                 |                                |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| Система управління                              | Fanuc-Series 15-MA-G           |
| Максимальний діаметр заготовки                  | 80мм                           |
| Довжина заготовки                               | 100-500 мм                     |
| Затискач                                        | гідравлічний<br>самоцентруючий |
| Частота обертання шпинделя<br>(свердління)тах   | 3000/хв                        |
| Частота обертання шпинделя<br>(фрезерування)тах | 1500/хв                        |
| Швидкі рухи                                     | 15 м/хв                        |
| Кількість шпинделів                             | 4                              |
| Потужність шпинделя                             | 5,5/7,5 кВт                    |
| Переміщення по осях X/Y/Z                       | 710 x 680 x 600 мм             |
| Габарити верстата ДхШхВ                         | 4.7 x 2.6 x 2.5 м              |
| Вага                                            | 3500 кг                        |



Рисунок 3.1 - Фрезерно-центрувального верстата HITACHI SEIKI HG 500

### *Токарний верстат з ЧПК Haas ST-15Y*

Haas ST-15Y – це сучасний горизонтально-токарний центр із ЧПК, розроблений для цехів, які потребують високої точності при обмеженому робочому просторі. Основною відмінністю верстата є повноцінна **вісь Y**, яка

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 34   |

дозволяє зміщувати різальний інструмент відносно осі деталі. Це дає змогу виконувати складне фрезерування, свердління отворів поза центром та нарізання різьби на циліндричних поверхнях без перевстановлення деталі.

Ключові особливості:

- Гібридна револьверна головка: Дозволяє комбінувати інструменти типу VDI та BOT (Bolt-On), що робить налаштування гнучким.
- Високий крутний момент: Шпиндель забезпечує 203 Нм, що дозволяє впевнено працювати з твердими сплавами та виконувати важку обробку.
- Інтегрована вісь С: Дозволяє шпинделю працювати як повноцінній осі з високим рівнем індексації для фрезерних робіт.
- Компактність: Займає мінімальну площу в цеху, зберігаючи при цьому велику робочу зону для обробки прутків діаметром до 64 мм.

Верстат Haas ST-15Y оснащений власною фірмовою системою керування Haas.

Таблиця 3.2- Технічні характеристики токарного верстата з ЧПК Haas ST-15Y

| Параметр                                        | Значення                |
|-------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Робоча зона</b>                              |                         |
| Максимальний діаметр обробки (над станиною)     | 419 мм                  |
| Максимальний діаметр обробки (над супортом)     | 419 мм                  |
| Максимальний діаметр деталі (з віссю Y)         | 279 мм                  |
| Максимальна довжина точіння (без задньої бабки) | 406 мм                  |
| Відстань між центрами                           | 406 мм                  |
| <b>Шпиндель</b>                                 |                         |
| Максимальна швидкість обертання                 | 4 000 об/хв             |
| Максимальна потужність двигуна                  | 14,9 кВт                |
| Максимальний крутний момент                     | 203 Нм (при 700 об/хв)  |
| Отвір у шпинделі                                | 76 мм                   |
| Максимальний діаметр прутка                     | 64 мм                   |
| <b>Переміщення та подачі</b>                    |                         |
| Переміщення по осі X                            | 200 мм                  |
| Переміщення по осі Y                            | ±51 мм (102 мм загалом) |
| Переміщення по осі Z                            | 406 мм                  |
| Швидкість прискореного переміщення (X / Z)      | 12,0 м/хв / 30,5 м/хв   |

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| <b>Інструментальна головка</b>   |                        |
| Тип револьверної головки         | 12-позиційна (VDI/BOT) |
| Швидкість приводних інструментів | 4 000 об/хв            |
| Тип хвостовика інструмента       | BOT 25 мм / VDI 40     |
| <b>Загальні дані</b>             |                        |
| Об'єм бака для МОР               | 114 л                  |
| Вага верстата                    | 3 810 кг               |



Рисунок 3.2 - Токарний верстат з ЧПК Haas ST-15Y

### *Круглошліфувальний верстат Cormak MW 200x750*

Cormak MW 200x750 – це професійне промислове обладнання, призначене для високоточного шліфування зовнішніх та внутрішніх циліндричних, конічних та торцевих поверхонь деталей. Верстат ідеально підходить для інструментальних цехів та серійного виробництва, де потрібна висока якість фінішної обробки.

Особливості конструкції:

- Універсальність: Верстат дозволяє виконувати як зовнішнє, так і внутрішнє шліфування (завдяки спеціальному пристрою для обробки отворів).
- Гнучкість налаштувань: Шпиндельна головка має можливість повороту на +90°, що дозволяє обробляти складні конусні поверхні.

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 36   |

- Регулювання швидкості: Швидкість шпинделя головки має плавне регулювання в діапазоні від 25 до 380 об/хв, що дає змогу підібрати оптимальний режим для різних матеріалів.
- Жорсткість: Масивна станина верстата (вага понад 4 тонни) забезпечує відмінне гасіння вібрацій, що критично для досягнення дзеркальної поверхні.

Cormak – відомий польський бренд, який спеціалізується на постачанні широкого спектру металообробного та деревообробного обладнання. Компанія зарекомендувала себе на європейському ринку як виробник надійних верстатів із гарним співвідношенням ціни та якості. Продукція Cormak відповідає суворим стандартам безпеки ЄС та широко використовується як у приватних майстернях, так і на великих промислових підприємствах.

Таблиця 3.3- Технічні характеристики круглошліфувального верстата Cormak MW 200x750

| Параметр                                     | Значення              |
|----------------------------------------------|-----------------------|
| Параметри обробки                            |                       |
| Відстань між центрами                        | 750 мм                |
| Висота центрів                               | 135 мм                |
| Макс. діаметр зовнішнього шліфування         | 5 – 200 мм            |
| Макс. діаметр внутрішнього шліфування        | 25 – 100 мм           |
| Макс. довжина зовнішнього шліфування         | 750 мм                |
| Макс. довжина внутрішнього шліфування        | 125 мм                |
| Шпинделі та головки                          |                       |
| Швидкість шпинделя (плавна)                  | 25 – 380 об/хв        |
| Швидкість шліфувального круга                | 1670 об/хв            |
| Швидкість при внутрішньому шліфуванні        | 10 000 / 15 000 об/хв |
| Кут повороту головки                         | + 90°                 |
| Кут повороту столу (за / проти год. стрілки) | 3° / 8°               |
| Конус центру                                 | МК 4                  |
| Розміри та потужність                        |                       |
| Розмір шліфувального круга                   | 400 x 50 x 203 мм     |
| Потужність основного двигуна                 | 4 кВт                 |
| Габаритні розміри                            | 275 x 203 x 205 см    |
| Маса верстата                                | 4 300 кг              |



Рисунок 3.3 –Круглошліфувальний верстат Cormak MW 200x750

*Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Kitamura Mycenter-3020G*

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Kitamura Mycenter-3020G оснащений фірмовою системою ЧПК Siemens 828D що забезпечує високошвидкісну обробку з 2800 блоками look-ahead та 19-дюймовим сенсорним інтерфейсом. Система розроблена для складних траєкторій, підтримує візуальне програмування, функцію швидкого перемикання режимів Any-Any та моніторинг інструментів.

Таблиця 3.4- Технічні характеристики вертикально-фрезерного верстата з ЧПК Kitamura Mycenter-3020G

| Параметр                        | Значення                    |
|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>Робоча зона</b>              |                             |
| Розмір столу                    | 500 x 860 мм                |
| Макс. навантаження на стіл      | 500 кг                      |
| Переміщення по осях (X / Y / Z) | 762 / 510 / 510 мм          |
| <b>Шпиндель</b>                 |                             |
| Конус шпинделя                  | BT/ISO №40 (опція: HSK-A63) |

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 38   |

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Швидкість обертання                  | 40 – 15 000 об/хв (опція до 20 000) |
| Потужність двигуна (пікова/постійна) | 22 кВт / 7,5 кВт                    |
| Макс. крутний момент                 | 95.5 Нм (опція 133.2 Нм)            |
| <b>Подачі та інструмент</b>          |                                     |
| Швидкі переміщення (X, Y / Z)        | 50 м/хв / 36 м/хв                   |
| Ємність інструментального магазину   | 30 позицій                          |
| Час заміни інструмента (Т-Т)         | 2,2 сек                             |
| <b>Загальні характеристики</b>       |                                     |
| Система керування ЧПК                | Siemens 828D                        |
| Маса верстата (нетто)                | 5 860 кг                            |
| Габарити (Ш x Г x В)                 | 3282 x 3124 x 2925 мм               |



Рисунок 3.4 - Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Kitamura Mycenter-3020G

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 39   |

### 3.2. Вибір різального інструментарію

Механічна обробка «Вала ПМ 275 00 003/26» реалізується із застосуванням високотехнологічного інструментального оснащення від компанії **Sandvik Coromant**. Вибір даного виробника обумовлений високою стабільністю геометричних параметрів інструменту та можливістю роботи на інтенсивних режимах різання.

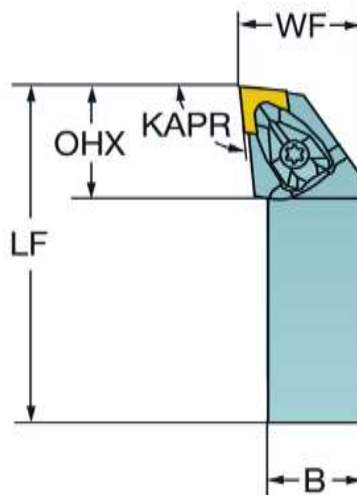
Для забезпечення повного циклу виготовлення деталі сформовано комплексний технологічний набір, що базується на наступних групах інструментів:

- **Токарна група:** застосовуються спеціалізовані тримачі (державки) та змінні багатогранні твердосплавні пластини для виконання зовнішньої обробки, проточування канавок і нарізання різьби.
- **Фрезерний інструментарій:** використовуються високоефективні торцеві та дискові фрези, оснащені зносостійкими пластинами для попереднього та чистового зняття припуску.
- **Оснащення для обробки отворів:** комплекс включає прецизійні свердла (як монолітного виконання, так і зі змінними головками) та розгортки для забезпечення високої точності внутрішніх поверхонь.
- **Системи нарізання різьби:** залучаються спеціалізовані мітчики та різьбофрези, що гарантують відповідність профілю різьби встановленим стандартам.

Для однократної обробки вибрано: різець «DCLNR 2525M 16», пластинка різця «CNMG 16 06 08-PR 4425», для пів чистової і чистової обробки вибрано : різець «CP-25BR-2525-12», пластинка різця «CP-B1208D-M7 4425», для нарізання різьби вибрано: різець різьбовий «266RFG-2525-22», пластинка різця різьбова «266RG-22MM01A550M 1125», а для фрезерної обробки вибрано: фреза кінцева «1K344-1800-XD 1730».

Технічні параметри та геометричні характеристики обраного комплекту наведені нижче:

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 40   |



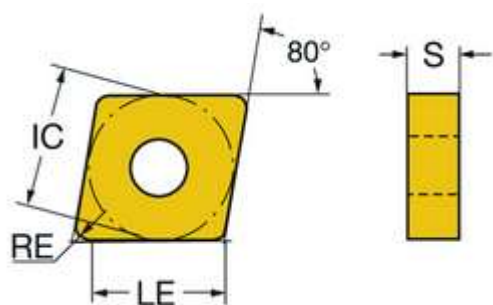
### Дані про продукт

☒ Метрика ☐ Дюйм

|                                          |                                                |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)  | 95°                                            |
| Кут випередження (PSIR) ①                | -5°                                            |
| Код типу затискання (MTP)                | затисніть зверху вставки та вставте її в отвір |
| Тип вставки (CUTINT_MASTER)              | CNMG 160612                                    |
| Підключення - з боку машини (ADINTMS)    | Прямокутний хвостовик - метричний:<br>25 x 25  |
| Максимальний кут нахилу (RMX)            | 0°                                             |
| Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)       | 0°                                             |
| Кут нахилу корпусу машини (BAMS)         | 0°                                             |
| Максимальний виступ (OHX)                | 39 мм                                          |
| Рука (PYKA)                              | Праворуч                                       |
| Тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC) | немає виходу охолоджувальної рідини            |
| Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)  | без подачі охолоджувальної рідини              |
| Ширина хвостовика (B)                    | 25 мм                                          |
| Висота хвостовика (H)                    | 25 мм                                          |
| Функціональна довжина (LF)               | 150 мм                                         |
| Функціональна ширина (ФШ)                | 32 мм                                          |
| Функціональна висота (HF)                | 25 мм                                          |
| Ортогональний кут нахилу (GAMO)          | -6°                                            |
| Кут нахилу (LAMS)                        | -6°                                            |
| Крутний момент (TQ)                      | 6,4 Нм                                         |
| Матеріал корпусу (БМК)                   | Сталь                                          |
| Вага товару (вага)                       | 0,7712 кг                                      |

Рисунок 3.5- Різець «DCLNR 2525M 16»



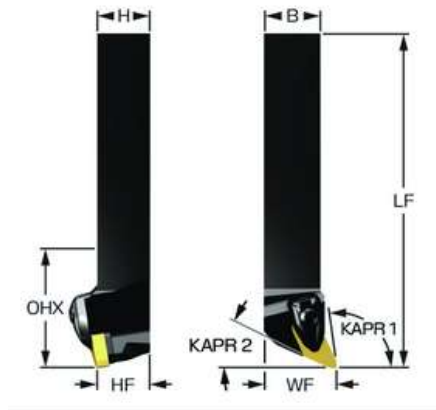


Дані про продукт

☒ Метрика ☐ Дюйм

|                                                         |                                     |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)                         | <div><div>П</div><div>К</div></div> |
| Стружколом (CBMD)                                       | Зв'язки з громадськістю             |
| Тип операції (КТПТ)                                     | чорнова обробка                     |
| Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS) | Циліндричний отвір для кріплення    |
| Діаметр кріпильного отвору (D1) Ⓢ                       | 6,35 мм                             |
| Розмір і форма вставки (PO3MIP_P13YU)                   | CN1606                              |
| Кількість передових лез (CEDC)                          | 4                                   |
| Діаметр вписаного кола (DBK)                            | 15,875 мм                           |
| Вставити код форми (SC)                                 | C - Ромбічні пластини 80°           |
| Ефективна довжина ріжучої кромки (LE)                   | 15,3199 мм                          |
| Радіус кута (RE)                                        | 0,7938 мм                           |
| Рука (PYKA)                                             | Нейтральний                         |
| Оцінка (OЦIHKА)                                         | 4425                                |
| Субстрат (СУБСТРАТ)                                     | Головний уповноважений              |
| Покриття (COATING)                                      | ХОП TiCN+Al2O3+TiN                  |
| Товщина вставки (S)                                     | 6,35 мм                             |
| Основний кут заднього ходу (AN)                         | 0°                                  |
| Вага товару (вага)                                      | 0,0181 кг                           |

Рисунок 3.6 - Ріжуча пластинка «CNMG 16 06 08-PR 4425»



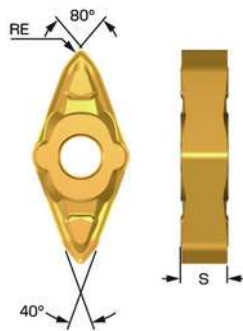
### Дані про продукт

☒ Метрика ☐ Дюйм

|                                          |                                                |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_1)  | 95°                                            |
| Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR_2)  | 25°                                            |
| Кут випередження (PSIR)                  | -5°                                            |
| Код типу затискання (MTP)                | затисніть зверху вставки та вставте її в отвір |
| Тип вставки (CUTINT_MASTER)              | CoroTurn PRIME CP-B (CP-B1208D)                |
| Підключення - з боку машини (ADINTMS)    | Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25     |
| Максимальний кут нахилу (RMX)            | 23°                                            |
| Кут корпусу заготовки збоку (BAWS)       | 0°                                             |
| Кут нахилу корпусу машини (BAMS)         | 0°                                             |
| Максимальний виступ (OHX)                | 50 мм                                          |
| Рука (РУКА)                              | Праворуч                                       |
| Тип виходу охолоджувальної рідини (CXSC) | немає виходу охолоджувальної рідини            |
| Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)  | без подачі охолоджувальної рідини              |
| Ширина хвостовика (B)                    | 25 мм                                          |
| Висота хвостовика (H)                    | 25 мм                                          |
| Функціональна довжина (LF)               | 150 мм                                         |
| Функціональна ширина (ФШ)                | 32 мм                                          |
| Функціональна висота (HF)                | 25 мм                                          |
| Ортогональний кут нахилу (GAMO)          | -3,9°                                          |
| Кут нахилу (LAMS)                        | -10,3°                                         |
| Крутний момент (TQ)                      | 4 Нм                                           |
| Матеріал корпусу (БМК)                   | Сталь                                          |
| Вага товару (вага)                       | 0,7099 кг                                      |

Рисунок 3.7- Різець «CP-25BR-2525-12»

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 43   |



## Дані про продукт

☒ Метрика ☐ Дюйм

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)



Стружколом (CBMD)

M7

Тип операції (КТПТ)

попередня обробка з урахуванням  
вимог до поверхні

Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)

Циліндричний отвір для кріплення

Діаметр кріпильного отвору (D1)

5,156 мм

Розмір і форма вставки (РОЗМІР\_ПІЗУ)

CoroTurn PRIME CP-B12D

Кількість передових лез (CEDC)

4

Діаметр вписаного кола (ДВК)

12 мм

Радіус кута (RE)

0,8 мм

Ширина заборотної поверхні (BN)

0,2 мм

Кут нахилу поверхні (GB)

0°

Кут переднього нахилу пластини (GAN)

18°

Ручка (РУКА)

Нейтральний

Оцінка (ОЦІНКА)

4425

Субстрат (СУБСТРАТ)

Головний уповноважений

Покриття (COATING)

ХОП TiCN+Al2O3+TiN

Товщина вставки (S)

6 мм

Основний кут заднього ходу (AN)

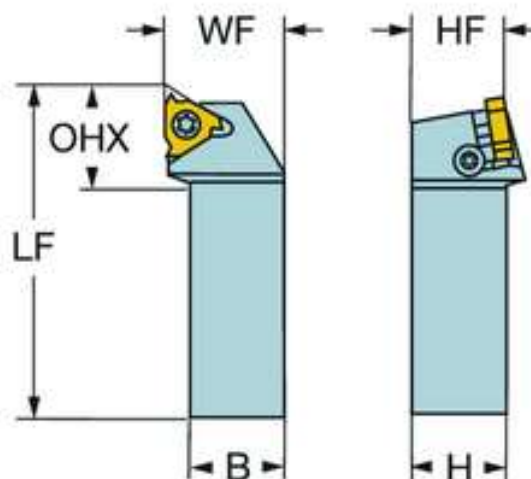
0°

Вага товару (вага)

0,017 кг

Рисунок 3.8 - Ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425»

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 44   |

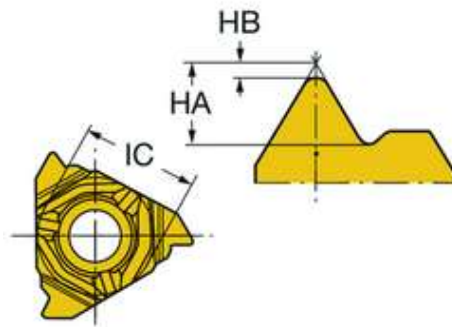


## Дані про продукт

☒ Метрика ☐ Дюйм

|                                           |                                              |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Код типу затискання (MTP)                 | затискач з гвинтовим наскрізним отвором      |
| Тип вставки (CUTINT_MASTER)               | CoroThread - зовнішній розмір 22 (266.RG-22) |
| Осьовий кут заднього ходу (ALP)           | -10°                                         |
| Кут корекції нахилу спіралі різьби (THCA) | 1°                                           |
| Підключення - з боку машини (ADINTMS)     | Прямокутний хвостовик - метричний: 25 x 25   |
| Кут нахилу корпусу машини (BAMS)          | 0°                                           |
| Максимальний виступ (OHX)                 | 33,3 мм                                      |
| Рука (PYKA)                               | Праворуч                                     |
| Тип входу охолоджувальної рідини (CNSC)   | без подачі охолоджувальної рідини            |
| Ширина хвостовика (B)                     | 25 мм                                        |
| Висота хвостовика (H)                     | 25 мм                                        |
| Функціональна довжина (LF)                | 150 мм                                       |
| Функціональна ширина (ФШ)                 | 32 мм                                        |
| Функціональна висота (HF)                 | 25 мм                                        |
| Загальна довжина (OAL)                    | 150 мм                                       |
| Крутний момент (TQ)                       | 5 Нм                                         |
| Вага товару (вага)                        | 0,7304 кг                                    |

Рисунок 3.9- Різець різбовий «266RFG-2525-22»



## Дані про продукт

☒ Метрика ☐ Дюйм

Матеріал(и) заготовки (TMC1ISO)

**П** **М** **К** **ПН** **С** **Н**

Стружколом (CBMD)

A

Форма різьби (THFT)

M (метрична система 60°)

Стандартний номер (STDNO\_1)

ISO 965-1998

Тип потоку (TTP)

зовнішній

Крок різьби (TP)

5,5 мм

Тип профілю різьби (TPT)

повний профіль

Кількість зубів (NT)

1

Клас допуску різьби (TCTR)

IT 6

Теоретична висота різьби (HA)

4,13 мм

Різниця висот різьби (HB)

0,79 мм

Відстань профілю ex (PDX)

2,5 мм

Відстань профілю ey (PDY)

1,08 мм

Вставити код способу кріплення (метрична система) (IFS)

Отвір з потайною головкою 40°-60°,  
дно рейки

Діаметр кріпильного отвору (D1)

5,7 мм

Розмір і форма вставки (POZMIP\_PIZU)

CoroThread 266/254 - зовнішній розмір  
22R

Кількість передових лез (CEDC)

3

Діаметр вписаного кола (ДВК)

12,7 мм

Рука (PYKA)

Праворуч

Оцінка (ОЦІНКА)

1125

Субстрат (СУБСТРАТ)

Головний уповноважений

Покриття (COATING)

PVD TiAlN

Товщина вставки (S)

5,5626 мм

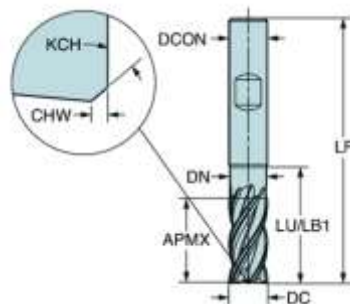
Рисунок 3.10- Ріжуча пластинка різьбова «266RG-22MM01A550M 1125»

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

**БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ**

Арк.

46



Матеріал(и) заготовки [TMC150]



Периферійна ефективна кількість ріжучих кромок [ZERP]

4

Діаметр різання (округ Колумбія)

15 мм

Діаметр з'єднання з боку шпинделя [DCONMS]

15 мм

Допуск діаметра з'єднання [TDCON]

h5

Максимальна глибина різання [APMX]

35 мм

Максимальний коефіцієнт робочого заглиблення [APPMX]

1

Корисна довжина [LV]

54 мм

Функціональна довжина [LP]

104 мм

Максимальна швидкість обертання [RPMX]

80 000 об/хв

Підключення - з боку шпинделя [ADINTMS]

Балани (DIN6535-H8) - метрична система: 18

Радіус кута [RE]

0 мм

Кутови фаски [KCH]

45°

Ширина фаски кута [CHW]

0,2 мм

Максимальний кут нахилу [FWPX\_FFW]

20°

Максимальна глибина різання [APMX\_FFW]

35 мм

Кут нахилу спіралі зовнішньої [FHA]

35,5°

Максимальна глибина різання [APMX\_FFW]

35 мм

Спінка [OCCNKA]

1730 рік

Субстрат [SUBSTRAT]

Головний упорювуваний

Покриття [COATING]

PVD AlCrN

Тип коду охолоджувальної рідини [CNSC]

Без подачі охолоджувальної рідини

Діаметр тіла [BD\_1]

17,25 мм

Діаметр горловини [DN]

17,25 мм

Довжина тіла [LB\_1]

54 мм

Рисунок 3.11 – Фреза кінцева «1K344-1800-XD 1730»

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ

Арк.

47

## 4 СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

### 4.1 Моделювання деталі «Вал ПМ 275 00 003/26 »

Використовуючи функцію обертання навколо центральної осі, було розроблено тривимірну модель вала ПМ 275 00 003/26. У процесі моделювання було враховано всі технічні параметри, зазначені в конструкторській документації, включаючи шпонкові пази, систему отворів та фаски на торцях. Візуалізацію готової деталі наведено на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – 3d модель деталі «Вал ПМ 275 00 003/26»

### 4.2 Налаштування бази даних для токарного верстата HAAS ST-15Y та зміна налаштувань різального інструментарію на операції 020 та 030

Для токарної обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 020 та 030 було вибрано токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-15Y.

Оскільки реальні характеристики верстата та інструментів відрізнятися від стандартних значень у системі, було проведено заміну параметрів у базі даних. Через відсутність обраного нами ріжучого інструменту в стандартному переліку, було виконано редагування наявних різців змінени різці а саме: різець «DCLNR 2525M 16», пластинка різця «CNMG 16 06 08-PR 4425», різець «CP-25BR-2525-12», пластинка різця «CP-B1208D-M7 4425», різець різьбовий

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 48   |

«266RFG-2525-22», пластинка різця різбова «266RG-22MM01A550M 1125», показані нижче.

Станція Ромбовая вставка Державка

Профіль

Форма: Стандарт Ідентификатор оправки: 1

Ширина державки: 25mm Толщина державки: 25mm

Длина державки: 150mm

Угол опережения: -5deg

Задний зеркальный угол: 0deg

Передний зеркальный угол: 0deg

Смещение при вставке по оси Z: 0mm

Смещение при вставке по оси X: 0mm

Вылет: 0mm

Направление: Справа

Комментарий: DCLNR 2525M 16

Грань державки

☒ Боковая ☐ По торцу

Угол приращения по оси B:

Ориентация

Вниз вправо ☐ Вниз влево ☒

Вправо вверх ☐ Вправо вниз ☐

Вверх вправо ☐ Вверх влево ☐

Влево вверх ☐ Влево вниз ☐

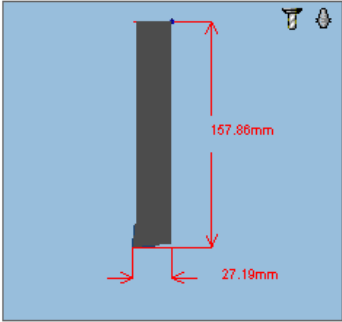


Рисунок 4.2- Різець «DCLNR 2525M 16»

Станція Ромбовая вставка Державка

№ вставки: 1

Угол при вершине (IA): 80deg

Вписанный круг (IC): 15.87mm

Радиус (R1): 0.79mm

Толщина: 6.35mm

Задний угол: 0deg

Материал инструмента: Carbide

Охлаждение: Эмульсия

Комментарий: CNMG 16 06 08-PR 4425

☒ Показать

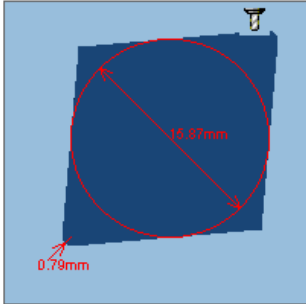


Рисунок 4.3 - Ріжуча пластинка «CNMG 16 06 08-PR 4425»

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 49   |



| Станция                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ромбовая вставка | Державка                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Профиль                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |                          |
| Форма:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Стандарт         | Идентификатор оправки: 3 |
| Ширина державки:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 25mm             | Толщина державки: 25mm   |
| Длина державки:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 150mm            |                          |
| Угол опережения:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | -5deg            |                          |
| Задний зеркальный угол:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0deg             |                          |
| Передний зеркальный угол:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0deg             |                          |
| Смещение при вставке по оси Z:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0mm              |                          |
| Смещение при вставке по оси X:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0mm              |                          |
| Вылет:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0mm              |                          |
| Направление:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Справа           |                          |
| Комментарий:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | CP-25BR-2525-12  |                          |
| Грань державки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |                          |
| <input checked="" type="radio"/> Боковая <input type="radio"/> По торцу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |                          |
| Угол приращения по оси B:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |                          |
| Ориентация                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |                          |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <input type="radio"/> Вниз вправо<br/> <input type="radio"/> Вправо вверх<br/> <input type="radio"/> Вправо вниз<br/> <input type="radio"/> Вверх вправо         </div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> <input checked="" type="radio"/> Вниз влево<br/> <input type="radio"/> Влево вверх<br/> <input type="radio"/> Влево вниз<br/> <input type="radio"/> Вверх влево         </div> </div> |                  |                          |

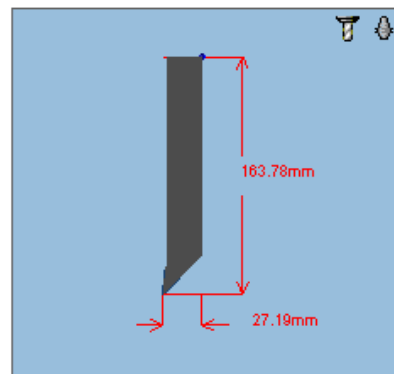


Рисунок 4.4- Різець «CP-25BR-2525-12»

| Станция                | Ромбовая вставка  | Державка |
|------------------------|-------------------|----------|
| № вставки: 2           |                   |          |
| Угол при вершине (IA): | 40deg             |          |
| Вписанный круг (IC):   | 12mm              |          |
| Радиус (R1):           | 0.8mm             |          |
| Толщина:               | 6mm               |          |
| Задний угол:           | 0deg              |          |
| Материал инструмента:  | Carbide           |          |
| Охлаждение:            | Эмульсия          |          |
| Комментарий:           | CP-B1208D-M7 4425 |          |

☒ Показать

Рисунок 4.5 - Ріжуча пластинка «CP-B1208D-M7 4425»

| Станция                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Резьбовая вставка | Державка                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Профиль                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                   |                          |
| Форма:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Стандарт          | Идентификатор оправки: 7 |
| Ширина державки:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 25                | Толщина державки: 25     |
| Длина державки:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 150               |                          |
| Угол опережения:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 30deg             |                          |
| Задний зеркальный угол:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0                 |                          |
| Передний зеркальный угол:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0                 |                          |
| Смещение при вставке по оси Z:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0mm               |                          |
| Смещение при вставке по оси X:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0mm               |                          |
| Вылет:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 15                |                          |
| Направление:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Справа            |                          |
| Комментарий:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 266RFG-2525-22    |                          |
| Грань державки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |                          |
| <input checked="" type="radio"/> Боковая <input type="radio"/> По торцу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                   |                          |
| Угол приращения по оси B:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                   |                          |
| Ориентация                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |                          |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <input type="radio"/> Вниз вправо<br/> <input type="radio"/> Вправо вверх<br/> <input type="radio"/> Вправо вниз<br/> <input type="radio"/> Вверх вправо           </div> <div> <input checked="" type="radio"/> Вниз влево<br/> <input type="radio"/> Влево вверх<br/> <input type="radio"/> Влево вниз<br/> <input type="radio"/> Вверх влево           </div> </div> |                   |                          |

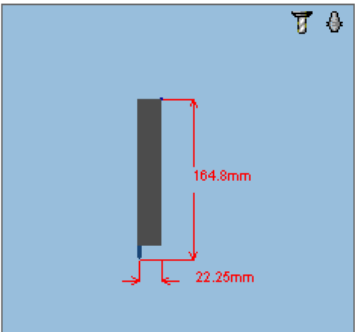


Рисунок 4.6- Різець різбовий «266RFG-2525-22»

| Станция                                      | Резьбовая вставка      | Державка |
|----------------------------------------------|------------------------|----------|
| № вставки: 1                                 |                        |          |
| Угол при вершине (IA):                       | 60deg                  |          |
| Длина (L):                                   | 22.7mm                 |          |
| Ширина (W):                                  | 5.5mm                  |          |
| Радиус (R1):                                 | 0.2mm                  |          |
| Толщина:                                     | 4mm                    |          |
| Задний угол:                                 | 0deg                   |          |
| Материал инструмента:                        | Carbide                |          |
| Охлаждение:                                  | Эмульсия               |          |
| Комментарий:                                 | 266RG-22MM01A550M 1125 |          |
| <input checked="" type="checkbox"/> Показать |                        |          |

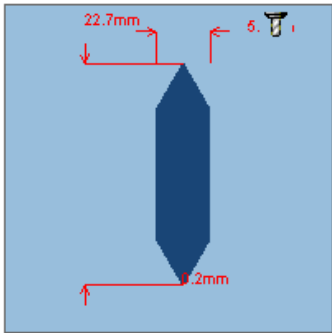


Рисунок 4.7 - Ріжуча пластинка різбова «266RG-22MM01A550M 1125»

### 4.3 Розробка керуючої програми обробки для операції 020.

Заготовка для токарної обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 020, показана на рисунк 4.8.

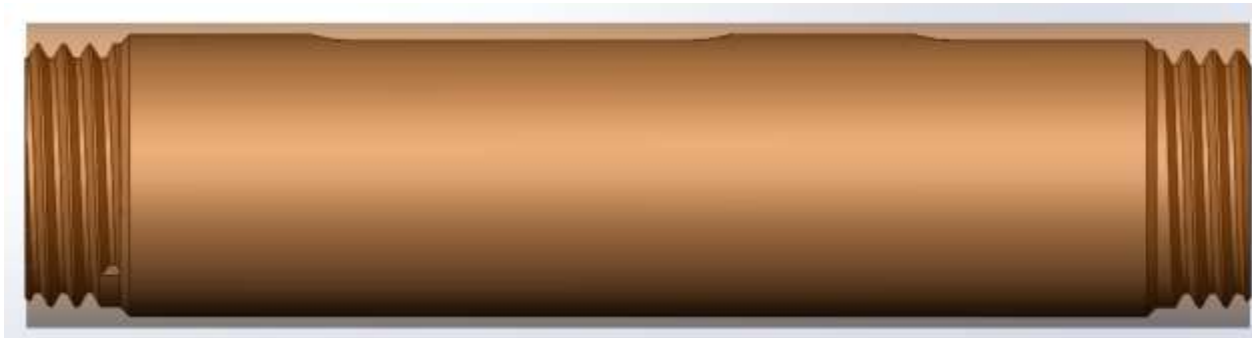


Рисунок 4.8 Заготовка для токарної обробки токарної на операцію 020

Оскільки імітація обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 020 проходить без помилок. Виводимо програму керування обробки для даної операції.

Програма керування на токарну обробку для операції 020, наведена нижче:

```
%  
O0001  
G00 G18 G40 G80 G97 G99  
N1 ( '5@=>2001 )  
G54  
T0101 (DCLNR 2525M 16)  
G97 S1000 M03  
G99 G18 G00 Z3.354  
M08  
G50 S3000  
G96 S548  
X66.707  
G01 X60. Z0 F.409  
Z-18.114  
G03 X64. Z-20.79 R2.79  
G01 Z-208.024  
X65.  
X65.707 Z-207.67  
G00 X71.707
```

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 52   |

Z.354  
X58.707  
G01 X58. Z0  
Z-19.  
X58.42  
G03 X62. Z-20.79 R1.79  
G01 Z-209.  
X63.42  
X64.127 Z-208.646  
G00 X70.127  
X508. Z127. M09  
M01

N2 ( '8AB>2001 )  
G54  
T0202 (CP-25BR-2525-12)  
G97 S1000 M03  
G99 G18 G00 Z2.554  
M08  
G50 S3000  
G96 S548  
X62.707  
G01 X56. Z-.8 F.409  
Z-20.  
X60.4  
X61.107 Z-19.646  
G00 X67.107  
Z-17.446  
G01 X60.4 Z-20.8 F.409  
Z-209.8  
X63.4  
X64.107 Z-209.446  
G00 X70.107  
Z-17.446  
X66.707  
G01 X60. Z-20.8 F.409  
Z-210.  
X63.4  
X64.107 Z-209.646  
G00 X70.107  
X508. Z127. M09  
M01

N3 ( '5@=>2002 )

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 53   |

G54  
 T0101 (DCLNR 2525M 16)  
 G97 S1000 M03  
 G99 G18 G00 Z3.454  
 M08  
 G50 S3000  
 G96 S548  
 X59.991  
 G01 X53.284 Z.1 F.409  
 Z.042  
 X56. Z-.742  
 X56.966 Z-.612  
 G00 X62.966  
 Z-19.646  
 X58.81  
 G01 X58.103 Z-20.  
 Z-20.1  
 X60. Z-21.049  
 X61.  
 G00 X67.  
 Z.872  
 X47.824  
 G01 X48.083 Z.389  
 X55.21 Z-1.668  
 X56.176 Z-1.539  
 G00 X59.756  
 Z-19.173  
 X54.42  
 G01 Z-19.673  
 X59.537 Z-22.231  
 X60.537  
 G00 X66.537  
 X508. Z127. M09  
 M01

N4 ( 57L101 )  
 G54  
 T0303 (266RFG-2525-22)  
 G97 S1000 M03  
 G99 G18 G00 Z6.5  
 M08  
 G50 S3000  
 G96 S64  
 X61.08

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 54   |

*G92 X55.638 Z-20. F5.5*

*X54.876*

*X54.114*

*X53.352*

*X52.59*

*X51.828*

*X51.066*

*X50.304*

*X49.542*

*X48.956*

*X48.6*

*M01*

*M05*

*/ M99*

*M30*

*%*

#### **4.4 Розробка керуючої програми обробки для операції 030.**

Заготовка для токарної обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 030, показана на рисунк 4.9.

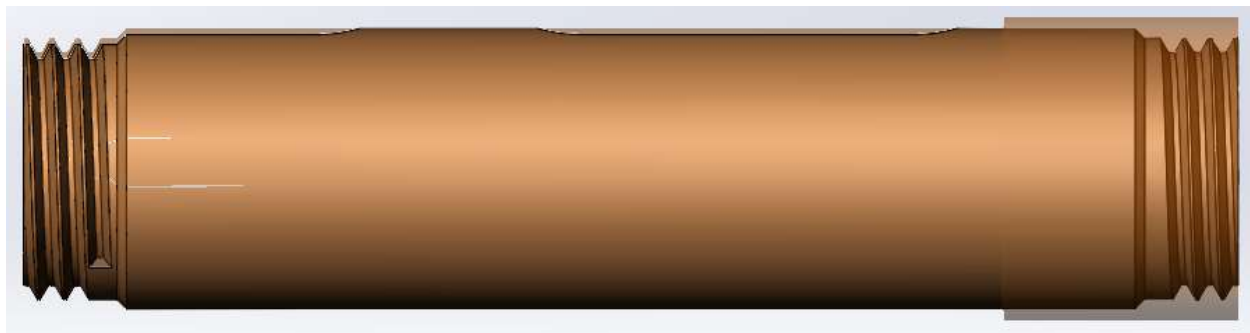


Рисунок 4.9 Заготовка для токарної обробки токарної на операцію 030

Оскільки імітація обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 030 проходить без помилок. Виводимо програму керування обробки для даної операції.

Програма керування на токарну обробку для операції 030, наведена нижче:

*%*

*O0001*

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 55   |

*G00 G18 G40 G80 G97 G99*

*N1 ( '5@=>20O1 )*

*G54*

*T0101 (DCLNR 2525M 16)*

*G97 S1000 M03*

*G99 G18 G00 Z3.354*

*M08*

*G50 S3000*

*G96 S548*

*X65.707*

*G01 X59. Z0 F.409*

*Z-18.518*

*G03 X63. Z-20.79 R2.29*

*G01 Z-50.798*

*X63.707 Z-51.151*

*G00 X69.707*

*Z.354*

*X57.707*

*G01 X57. Z0*

*Z-19.5*

*X58.42*

*G03 X61. Z-20.79 R1.29*

*G01 Z-50.856*

*X61.707 Z-51.209*

*G00 X69.42*

*X508. Z127. M09*

*M01*

*N2 ( '8AB>20O1 )*

*G54*

*T0202 (CP-25BR-2525-12)*

*G97 S1000 M03*

*G99 G18 G00 Z2.554*

*M08*

*G50 S3000*

*G96 S548*

*X62.707*

*G01 X56. Z-.8 F.409*

*Z-20.*

*X58.4*

*G03 X60. Z-20.8 R.8*

*G01 Z-51.6*

*X60.707 Z-51.954*

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 56   |

G00 X66.707  
X508. Z127. M09  
M01

N3 ( '5@=>2002 )  
G54  
T0101 (DCLNR 2525M 16)  
G97 S1000 M03  
G99 G18 G00 Z3.354  
M08  
G50 S3000  
G96 S548  
X60.338  
G01 X53.631 Z0 F.409  
Z-.058  
X55.997 Z-.741  
X56.963 Z-.611  
G00 X62.963  
Z-19.646  
X58.81  
G01 X58.103 Z-20.  
Z-20.1  
X60. Z-21.049  
X61.  
G00 X67.  
Z.772  
X48.17  
G01 X48.429 Z.289  
X55.21 Z-1.668  
X56.176 Z-1.539  
G00 X59.756  
Z-19.173  
X54.42  
G01 Z-19.673  
X59.537 Z-22.231  
X60.537  
G00 X66.537  
X508. Z127. M09  
M01

N4 ( 57L101 )  
G54  
T0303 (266RFG-2525-22)  
G97 S1000 M03

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 57   |



*G99 G18 G00 Z6.5*  
*M08*  
*G50 S3000*  
*G96 S225*  
*X61.08*  
*G92 X55.638 Z-20. F5.5*  
*X54.876*  
*X54.114*  
*X53.352*  
*X52.59*  
*X51.828*  
*X51.066*  
*X50.304*  
*X49.542*  
*X48.956*  
*X48.6*  
*M01*

*M05*  
*/ M99*  
*M30*  
*%*

#### **4.5 Налаштування бази даних для вертикально-фрезерного верстата Kitamura Myscenter 3020G та зміна налаштувань різального інструментарію на операцію 050.**

Параметри в базі даних оновлено з урахуванням реальних властивостей інструментів та верстата. Обробка за операцією 050 проводиться на обладнанні Kitamura Myscenter 3020G (вертикально-фрезерна група з ЧПК). Оскільки необхідної фрези не було в базовому переліку, характеристики наявних позицій було змінено відповідно до специфікації кінцевої фрези «1K344-1800-XD 1730».

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 58   |

Фреза **Оправка** Станция

Тип фрезы: Концевая  
Подтип: Черновая/чистовая

**Размеры инструмента**

Рабочий диаметр (D1): 18mm  
Радиус конца (R): 0mm  
Режущая длина (L2): 54mm  
Полная длина (L1): 104mm  
Число зубьев: 2  
Резка по центру: ☒

**Нережущая часть**

Тип: Цилиндр  
Рабочий диаметр (D4): 18mm  
Рабочая длина (L4): 54mm  
Державка (D2): 18mm  
Длина державки (L6): 54mm

**Свойства**

Рабочие параметры...  
Материал инстр.: Carbide  
Траектория для: Вершины фре  
Номер в TechDB: 20  
Комментарий: 1K344-1800-XD 1730

Вращение  
☒ Правое  
☐ Левое

☒ Показать

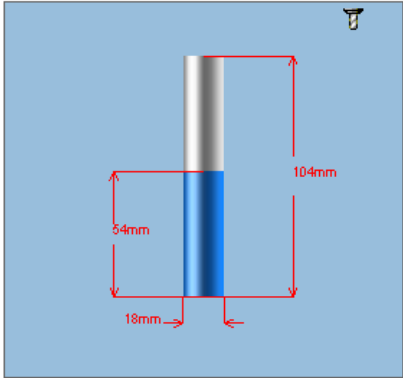
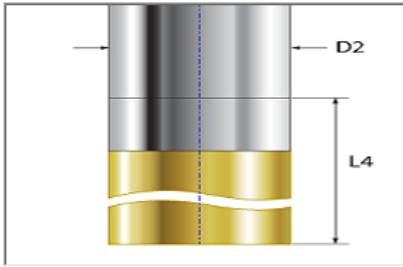



Рисунок 4.10 – Фреза кінцева «1K344-1800-XD 1730»

#### 4.6 Розробка керуючої програми обробки для операції 050.

Заготовка для фрезерної обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 050, показана на рисунок 4.11.



Рисунок 4.11 Заготовка для фрезерної обробки деталі на операції 050

Оскільки імітація обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операції 050 проходить без помилок. Виводимо програму керування обробки для даної операції.

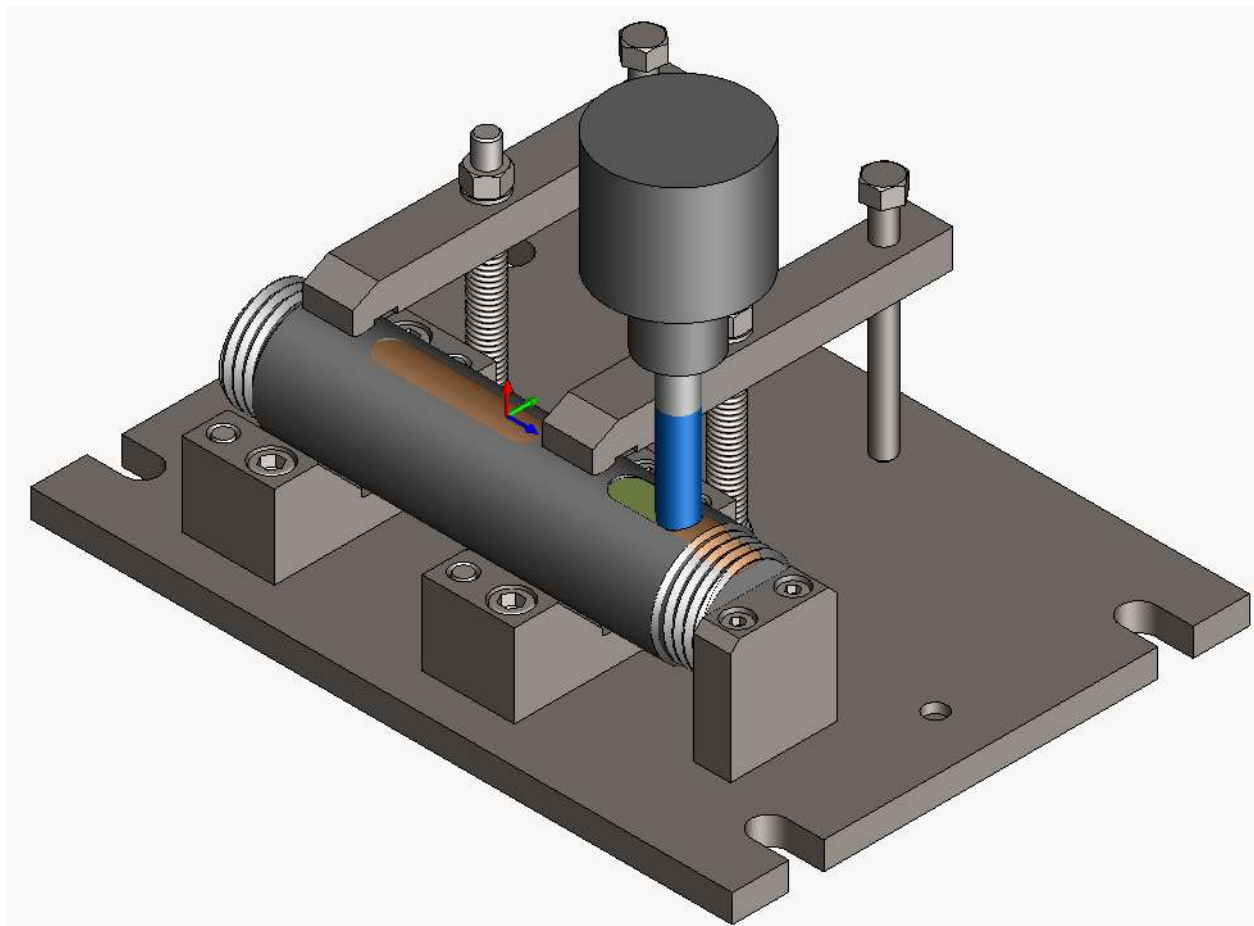


Рисунок 4.12 Імітація обробки деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» на операцію 050

Програма керування на фрезерну обробку для операції 050, наведена нижче:

%

*N1 T03 D03*

*N2 L6*

*N3 MSG("1K344-1800-XD 1730")*

*N4 G60*

*N5 G64*

*N6 SOFT*

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 60   |

N7 G00 G17 G90 G54  
 N8 S3891 M03  
 N9 G00 G90 X67. Y0  
 N10 Z25. M08  
 N11 Z2.5  
 N12 G01 Z-1.5 F108.732  
 N13 X130. F434.927  
 N14 G00 Z2.5  
 N15 X67. Y0  
 N16 Z1.  
 N17 G01 Z-2.813 F108.732  
 N18 X130. F434.927  
 N19 G00 Z2.5  
 N20 X67. Y0  
 N21 Z-.313  
 N22 G01 Z-4.125 F108.732  
 N23 X130. F434.927  
 N24 G00 Z2.5  
 N25 X67. Y0  
 N26 Z-1.625  
 N27 G01 Z-5.438 F108.732  
 N28 X130. F434.927  
 N29 G00 Z2.5  
 N30 X67. Y0  
 N31 Z-2.938  
 N32 G01 Z-6.75 F108.732  
 N33 X130. F434.927  
 N34 G00 Z2.5  
 N35 X67. Y0  
 N36 Z-4.25  
 N37 G01 Z-7. F108.732  
 N38 X130. F434.927  
 N39 G00 Z2.5  
 N40 Z25.  
 N41 X-61. Y0  
 N42 Z2.5  
 N43 G01 Z-1.5 F108.732  
 N44 X11. F434.927

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 61   |

N45 G00 Z2.5  
 N46 X-61. Y0  
 N47 Z1.  
 N48 G01 Z-2.813 F108.732  
 N49 X11. F434.927  
 N50 G00 Z2.5  
 N51 X-61. Y0  
 N52 Z-.313  
 N53 G01 Z-4.125 F108.732  
 N54 X11. F434.927  
 N55 G00 Z2.5  
 N56 X-61. Y0  
 N57 Z-1.625  
 N58 G01 Z-5.438 F108.732  
 N59 X11. F434.927  
 N60 G00 Z2.5  
 N61 X-61. Y0  
 N62 Z-2.938  
 N63 G01 Z-6.75 F108.732  
 N64 X11. F434.927  
 N65 G00 Z2.5  
 N66 X-61. Y0  
 N67 Z-4.25  
 N68 G01 Z-7. F108.732  
 N69 X11. F434.927  
 N70 G00 Z2.5  
 N71 Z25.  
 N72 M05  
 N73 M09  
 N74 M30  
 %

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 62   |

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі розроблено сучасний технологічний процес виготовлення деталі «Вал ПМ 275 00 003/26» для умов середньосерійного виробництва. Головний акцент зроблено на впровадженні ефективних верстатів з ЧПК та прогресивного інструменту, що дозволяє значно підвищити продуктивність праці та мінімізувати відсоток браку.

Під час виконання роботи вирішено такі завдання та отримано наступні результати:

Проведено аналіз службового призначення та технологічності деталі.

Обґрунтовано вибір вихідної заготовки. Для умов середньосерійного виробництва вибрано заготовку з гарячекатаного сортового прокату круглого перерізу зі сталі 40Х (діаметр 65 мм, довжина 264 мм).

Спроектовано технологічний процес механічної обробки. Розроблено маршрут виготовлення вала, який включає фрезерно-центрувальну, дві токарні з ЧПК, круглошліфувальну та вертикально-фрезерну з ЧПК операції. Для забезпечення високої точності та співвісності ступеней як головні технологічні бази обрано центрові отвори, а сам процес побудовано за принципом концентрації операцій.

Здійснено вибір обладнання та інструменту. Для реалізації техпроцесу підібрано сучасні верстати: токарний Haas ST-15Y та вертикально-фрезерний Kitamura Mycenter 3020G. Весь різальний інструмент (різці, змінні пластини, кінцеві фрези) підібрано за каталогами фірми Sandvik Coromant.

Розраховано та скориговано оптимальні режими різання відповідно до паспортних даних обладнання.

Розраховано елементи технологічного оснащення. Для операції фрезерування шпонкових пазів спроектовано спеціальний пристрій із базуванням вала на дві призми. Проведеним силовим розрахунком визначено необхідну силу затискання заготовки. Компоненти затискного механізму (важіль-прихват та шпилька М12 зі сталі 45) перевірено на міцність, їхню

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 63   |

надійність повністю підтверджено.

Розроблено керуючі програми. За допомогою сучасних програмних засобів виконано 3D-моделювання деталі та імітацію процесів її формоутворення. Проведено верифікацію траєкторій руху інструменту з метою уникнення колізій та згенеровано робочий G-код для токарних операцій 020, 030 і фрезерної операції 050.

Розроблений технологічний процес забезпечує значне зниження трудомісткості обробки, скорочує допоміжний час на перевстановлення деталі та мінімізує вплив людського фактора на якість готового виробу.

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 64   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М.П - 14. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021.с.
2. ДСТУ 4738:2007(ГОСТ 2590-2006)(EN 10060:2003, NEQ) Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент
3. Основи технології виробництва машин : навчальний посібник / Г. П. Кремнєв, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 136 с.
4. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с
5. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с Справочник технологии машиностроения т.1 Под редакцией А.Н. Мавова. М., Машиностроение, 1973. – 694 с.
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко . – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
7. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 114 с.
8. HAAS Automation Inc. CNC Machine Tools [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.haascnc.com>
9. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 65   |



механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. – Д.: Національний гірничий університет, 2012 – 73 с.

10. Карпик Р.Т., Войтенко П.І. Технологія обробки типових деталей і складання машин: курсове проектування. Методичні вказівки / Р. Т. Карпик, П. І Войтенко, – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 77 с.

11. <https://www.sandvik.coromant.com>

|     |      |          |        |      |                              |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <i>БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 66   |

ДОДАТКИ

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | БР.ПМ-75.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                       | 67   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

|         |  |  |  |
|---------|--|--|--|
| Дубл.   |  |  |  |
| Взамін. |  |  |  |
| Підпис  |  |  |  |

|    |    |        |        |      |
|----|----|--------|--------|------|
|    |    |        |        |      |
|    |    |        |        |      |
|    |    |        |        |      |
| Зм | Ар | № док. | Підпис | Дата |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|  |                      |         |  |  |   |
|--|----------------------|---------|--|--|---|
|  | І Ф Н Т У Н Г        | ПМ-22-1 |  |  |   |
|  | Вал ПМ 275 00 003/26 |         |  |  | Н |

«Затверджую»

Зав.кафедрою Присяжнюк П.М.

**КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації**

Технологічний процес  
механічної обробки  
Вал ПМ 275 00 003/26

Розробив ст.гр.ПМ-22-1  
Веселовський Б.М.  
Перевірів:  
Шуляр І.О.

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|           |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
|-----------|---------------------------|----|----------------|-------------|--------------------------------|---------|--------------------|-----------|----------------------|-------|------------------|------|-----|----|--------|--------|--------|------|--|
| Дубл.     |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| Взамін.   |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| Підпис    |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
|           |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     | Зм | Ар     | Недок. | Підпис | Дата |  |
|           |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        | 1      |        |      |  |
| Розробив  | Веселовський Б.           |    |                | 08.06.26    | І Ф Н Т У Н Г                  |         | БР.ПМ-75.00.00.000 |           |                      |       | 2750.701317.0001 |      |     |    |        |        |        |      |  |
| Перевірів | Шуляр І.О.                |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| Н. Контр. | Шуляр І.О.                |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| Реценз.   |                           |    |                |             | ПМ-22-1                        |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| Затв.     | Присяжнюк П.М.            |    |                |             | Вал ПМ 275 00 003/26           |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    | Н      |        |        |      |  |
| M01       | Сталь 40X ДСТУ 7806:2015  |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    | НВ 217 |        |        |      |  |
|           | Код                       |    | ОВ             | МД          | ОМ                             | Н.роз   | КВМ                | код.загот | Профіль і розміри    |       | КД               | МЗ   |     |    |        |        |        |      |  |
| M02       | 134XXX                    |    |                | 5,42        |                                |         | 0,78               | 09501X    | Прокат Ø65×264       |       |                  | 6,88 |     |    |        |        |        |      |  |
| A         | Цех                       | Уч | Р <sub>м</sub> | Опер        | Код найменування операції      |         |                    |           | Позначення документа |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| B         | Код найменування операції |    |                |             | См                             | Проф..  | P                  | Уп        | Кр                   | Ковд  | Он               | Оп   | Кшт | То | Т.шт   |        |        |      |  |
| P         |                           |    |                |             | ПИ                             | D або B |                    | L         |                      | t     | i                | S    |     | n  | v      |        |        |      |  |
| 01        |                           |    |                | 010         | 7915 Фрезерно-центрувальна     |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 02        |                           |    |                | 381111.xxxx | HITACHI SEIKI HG 500           |         |                    |           | 3                    | 17845 | 2                | 1P   | 1   | 1  | 505    | 2,200  |        |      |  |
| 03        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 04        |                           |    |                | 020         | 3808 Токарна з ЧПК             |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 05        |                           |    |                |             | 381111 HAAS ST-15Y             |         |                    |           | 3                    | 15292 | 2                | 1P   | 1   | 1  | 505    | 5,400  |        |      |  |
| 06        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 07        |                           |    |                | 030         | 3808 Токарна з ЧПК             |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 08        |                           |    |                |             | 381111 HAAS ST-15Y             |         |                    |           | 3                    | 15292 | 2                | 1P   | 1   | 1  | 505    | 1,450  |        |      |  |
| 09        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 10        |                           |    |                | 040         | 4008 Круглошліфувальна         |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 11        |                           |    |                |             | 38176x Sormak MW 200x750       |         |                    |           | 3                    | 15292 | 3                | 1P   | 1   | 1  | 505    | 0,850  |        |      |  |
| 12        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 13        |                           |    |                | 050         | 3908 Вертикально-фрезерна ЧПК  |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 14        |                           |    |                |             | 381621 Kitamura Mycenter 3020G |         |                    |           | 3                    | 15292 | 3                | 1P   | 1   | 1  | 505    | 2,020  |        |      |  |
| 15        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 16        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| 17        |                           |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |
| МК        | Обробка різанням          |    |                |             |                                |         |                    |           |                      |       |                  |      |     |    |        |        |        |      |  |

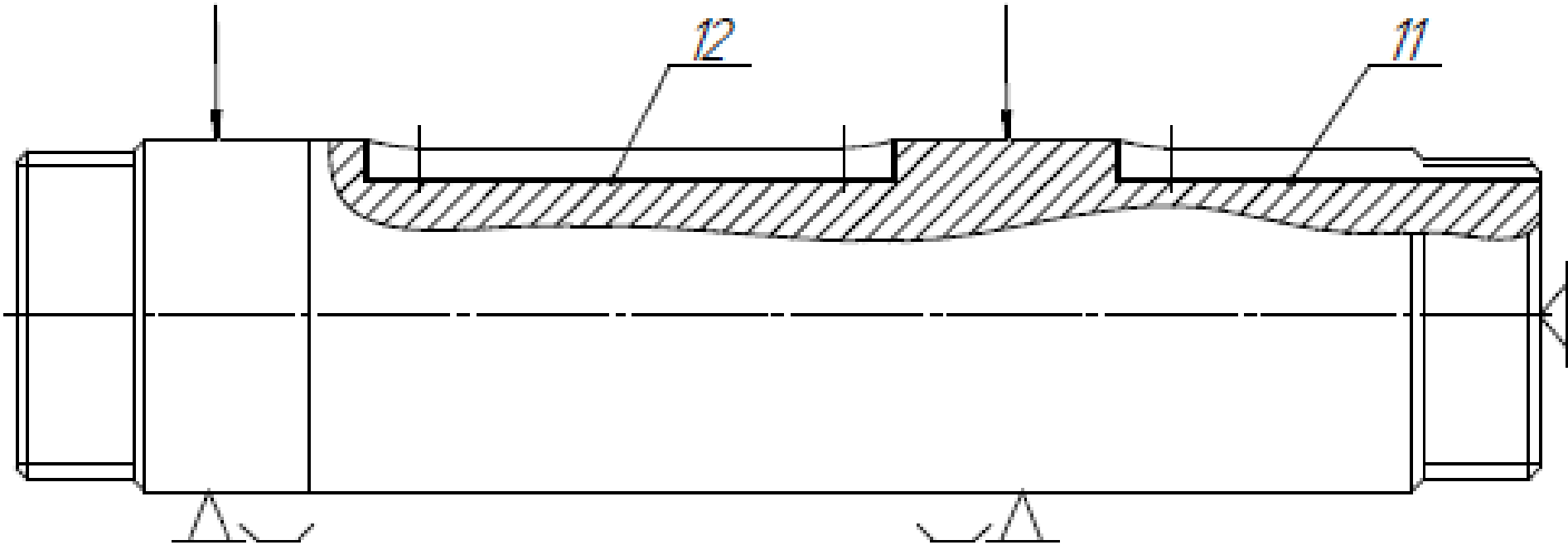
[illegible]

|         |  |  |  |
|---------|--|--|--|
| Дубл.   |  |  |  |
| Взамін. |  |  |  |
| Підпис  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|    |    |       |        |      |
|----|----|-------|--------|------|
|    |    |       |        |      |
|    |    |       |        |      |
| Зм | Ар | №док. | Підпис | Дата |

|           |                 |  |          |                      |                    |                  |     |
|-----------|-----------------|--|----------|----------------------|--------------------|------------------|-----|
|           |                 |  |          |                      |                    | 1                |     |
| Розробив  | Веселовський Б. |  | 08.06.26 | І Ф Н Т У Н Г        | БР.ПМ-75.00.00.000 | 2750.701317.0050 |     |
| Перевірів | Шуляр І.О.      |  |          |                      |                    |                  |     |
| Н. Контр. | Шуляр І.О.      |  |          |                      |                    |                  |     |
| Реценз.   |                 |  |          | ПМ-22-1              |                    |                  | 050 |
| Затв.     | Присяжнюк П.М.  |  |          | Вал ПМ 275 00 003/26 |                    |                  |     |



| Формат   | Зона         | Позн.   | Позначення            | Найменування             | Кількість                                                                                    | Прим. |
|----------|--------------|---------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | <u>Документація</u>      |                                                                                              |       |
| A1       |              |         | БР.ПМ-75.02.00.000 СК | Складальне креслення     |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | <u>Деталі</u>            |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              | 1       | БР.ПМ-75.02.00.001    | Плита                    | 1                                                                                            |       |
|          |              | 2       | БР.ПМ-75.02.00.002    | Направляюча шпонка       | 2                                                                                            |       |
|          |              | 3       | БР.ПМ-75.02.00.003    | Шток упорний             | 2                                                                                            |       |
|          |              | 4       | БР.ПМ-75.02.00.004    | Прижим                   | 2                                                                                            |       |
|          |              | 5       | БР.ПМ-75.02.00.005    | Упор                     | 1                                                                                            |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | <u>Стандартні вироби</u> |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | Гвинт ДСТУ ISO 4762      |                                                                                              |       |
|          |              | 6       |                       | M8 x 70-28N              | 2                                                                                            |       |
|          |              | 7       |                       | M12 x 45                 | 4                                                                                            |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | Гайка ISO 4032           |                                                                                              |       |
|          |              | 8       |                       | M12                      | 4                                                                                            |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | Призма ДСТУ 13766:2014   |                                                                                              |       |
|          |              | 9       |                       | 7033-0038                | 2                                                                                            |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | Пружина ДСТУ 13766 2014  |                                                                                              |       |
|          |              | 10      |                       | №108-0328                | 2                                                                                            |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       | БР.ПМ-75.02.00.000       |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
| Зм       | Арк.         | №Докум. | Підпис                | Дата                     | <div>Пристрій</div> <div>Фрезерний</div>                                                     |       |
| Розроб.  | Веселовський |         |                       |                          |                                                                                              |       |
| Перевір. | Шуляр І.О.   |         |                       |                          |                                                                                              |       |
|          |              |         |                       |                          |                                                                                              |       |
| Н.контр. | Шуляр І.О.   |         |                       |                          |                                                                                              |       |
| Затв.    | Присяжнюк    |         |                       |                          | <div>Літера</div> <div>н</div> <div>Аркуш</div> <div>1</div> <div>Аркушів</div> <div>2</div> |       |
|          |              |         |                       |                          | ІФНТУНГ                                                                                      |       |
|          |              |         |                       |                          | ПМ-22-1                                                                                      |       |

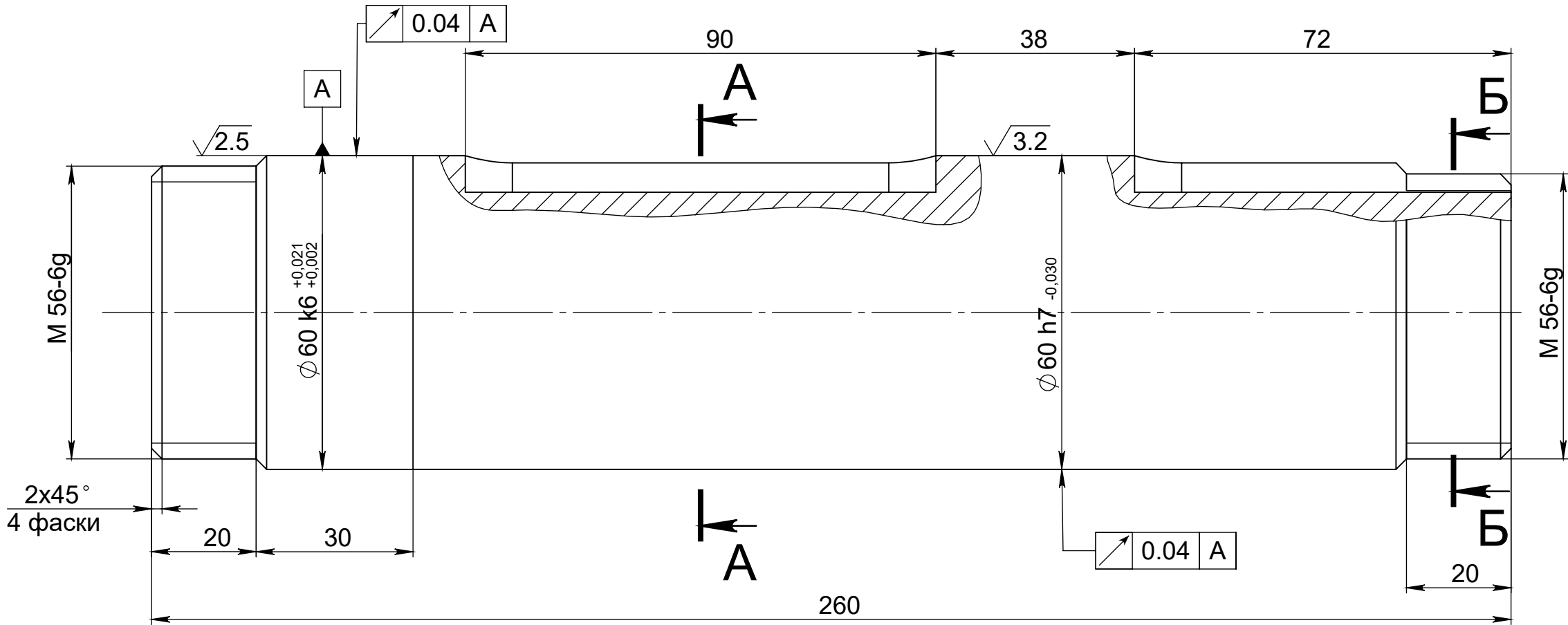
[illegible]



|              |  |
|--------------|--|
| Перв. заст.  |  |
| Справ. №     |  |
| Підп. і дата |  |
| Взам. інв. № |  |
| Інв. № дубл. |  |
| Підп. і дата |  |
| Інв. № підл. |  |

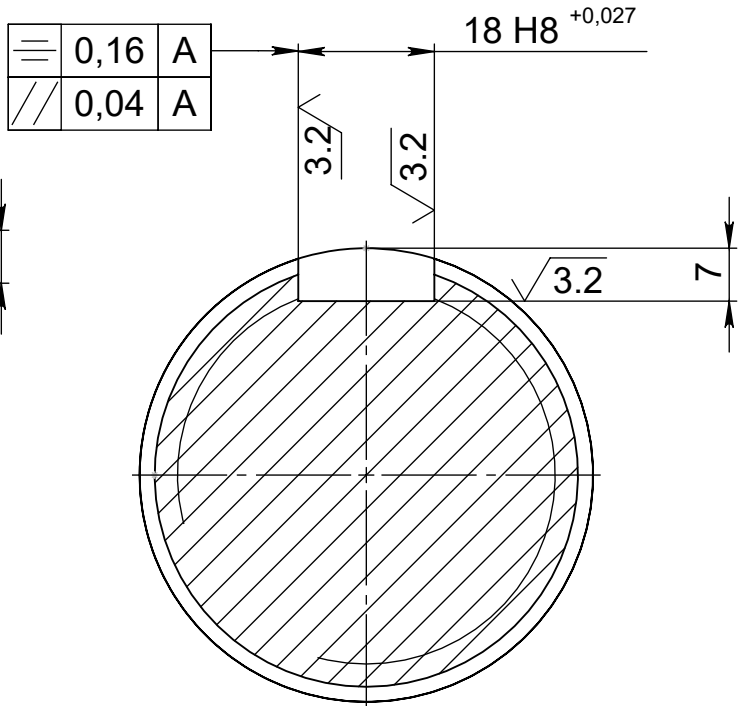
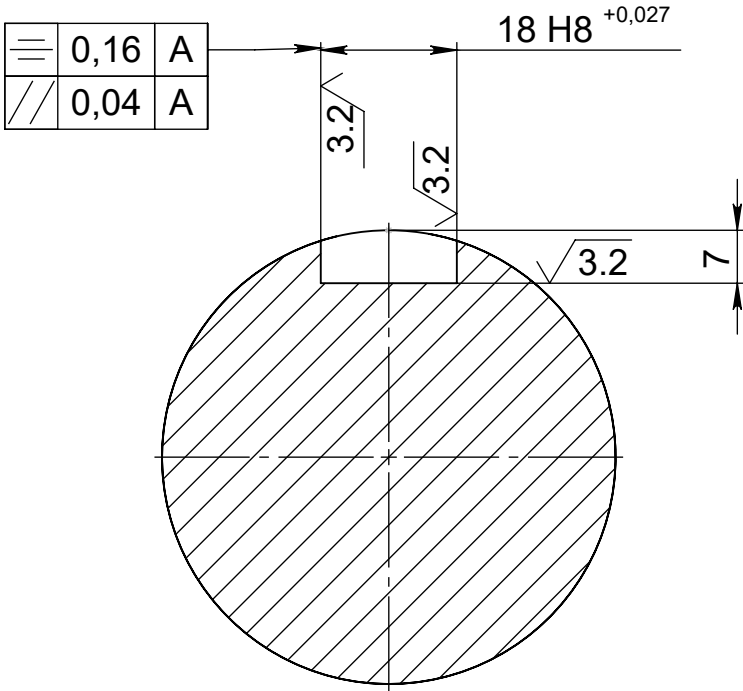
БР.ПМ-75.01.00.000

6.3 ( ✓ )



A-A

Б-Б



1. \*Розміри для довідок  
2. H12, h12,  $\pm IT12/2$

|           |                 |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
|-----------|-----------------|----------|--|-------|------|------------------------------|--------------------|--|--|---------|---------|
|           |                 |          |  |       |      | БР.ПМ-75.01.00.000           |                    |  |  |         |         |
|           |                 |          |  |       |      | Вал ПМ 275 00 003/26         | Літ.               |  |  | Маса    | Масштаб |
|           |                 |          |  |       |      |                              |                    |  |  | 5,42    |         |
|           |                 |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
|           |                 |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
|           |                 |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
| Зм.       | Арк             | № докум. |  | Підп. | Дата |                              | Арк.               |  |  | Аркушів |         |
| Розроб.   | Веселовський Б. |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
| Перев.    | Шуляр І.О.      |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
| Т. контр. | Шуляр І.О.      |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
| Рецензент |                 |          |  |       |      | Сталь 40 X<br>ДСТУ 7806:2015 | ІФНТУНГ<br>ПМ-22-1 |  |  |         |         |
| Н. контр. | Шуляр І.О.      |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |
| Затв.     | Присяжнюк П.М.  |          |  |       |      |                              |                    |  |  |         |         |





|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
|-----------|------|----------------|-------|------|--|------------------------------------|------|--|--------------------|------|---------|--|
|           |      |                |       |      |  | БР.ПМ-75.03.00.000                 |      |  |                    |      |         |  |
|           |      |                |       |      |  | 3D - модель пристрою<br>фрезерного |      |  | Літ.               | Маса | Масштаб |  |
|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
|           |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
| Зм.       | Арк. | № док-м.       | Підп. | Дата |  |                                    | Арк. |  | Аркушів            |      |         |  |
| Розроб.   |      | Веселовський   |       |      |  |                                    |      |  | ІФНТУНГ<br>ПМ-22-1 |      |         |  |
| Перев.    |      | Шуляр І.О.     |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
| Т. контр. |      | Шуляр І.О.     |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
| Рецензент |      |                |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
| Н. контр. |      | Шуляр І.О.     |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |
| Затв.     |      | Присяжнюк П.М. |       |      |  |                                    |      |  |                    |      |         |  |











