

**Міністерство освіти і науки України**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

---

**Факультет інженерії машин, споруд та технологій**

---

(повна назва факультету)

**Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин**

---

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### на здобуття освітнього ступеня

#### **бакалавр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розрахунок та конструювання приводу головного руху  
токарного верстату для обробки валів-шестерень діаметром 80-100мм**

---

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МВз-41

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

---

(шифр і назва спеціальності)

|          |                        |
|----------|------------------------|
| <hr/>    | <b>Говоруха О.В.</b>   |
| (підпис) | (прізвище та ініціали) |

|                 |          |                        |
|-----------------|----------|------------------------|
| <b>Керівник</b> | <hr/>    | <b>Буховець В.М.</b>   |
|                 | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

|                      |          |                        |
|----------------------|----------|------------------------|
| <b>Нормоконтроль</b> | <hr/>    | <b>Кобельник В.Р.</b>  |
|                      | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

|                          |          |                        |
|--------------------------|----------|------------------------|
| <b>Завідувач кафедри</b> | <hr/>    | <b>Кобельник В.Р.</b>  |
|                          | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

|                  |          |                        |
|------------------|----------|------------------------|
| <b>Рецензент</b> | <hr/>    | <hr/>                  |
|                  | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів , інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ВІ

Кобельник В.Р.

«    »

2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

студентці Говорусі Олені Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розрахунок та конструювання приводу головного руху токарного верстату для обробки валів - шестерень діаметром 80-100 мм

Керівник роботи Буховець В.М., к.т.н.

Затверджені наказом ректора від « 28 » грудня 2022\_\_ року № 4/7-1076

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі , паспорт токарного верстата.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз завдання на проектування , характеристика деталі , огляд літератури.

Технологічний розділ. Розрахунок режимів різання. Конструкторський розділ.

Верстатне забезпечення технологічного процесу на прикладі токарного верстату.

Інструментальне забезпечення обробки деталі

Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності

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

Креслення деталі – 0,5 арк. ф. А.1. Карта технологічного налагодження – 1 арк. ф. А. 1.

Кінематична схема токарного верстату – 1 арк. ф. А. 1., Привід головного руху – 3 арк. ф. А. 1.

Подача гвинт-гайка – 0,5 арк. ф. А. 1., Поводковий патрон – 0.5. арк. ф. А. 1.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ               | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------------|---|----------------|------------------|
|                      |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та БЖД | Сеник А.А. к.т.н., ст викл. каф.В.І.      |                |                  |
| Нормоконтроль        | Кобельник В.Р. к.т.н., зав. каф. В.І.     |                |                  |
|                      |   |                |                  |

7. Дата видачі  
завдання

1.02.2023

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                      | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу | До 31.01.2023                  |          |
| 2     | Огляд літератури                         | До 25.02.2023                  |          |
| 3     | Технологічний розділ                     | До 01.03.2023                  |          |
| 4     | Конструкторська частина                  | До 15.04.2023                  |          |
| 5     | Розробка кінематичної схеми верстата     | До 05.05.2023                  |          |
| 6     | Розробка конструкції вузла               | До 05.05.2023                  |          |
| 7     | Розробка конструкції інструменту         | До 20.05.2023                  |          |
| 8     | Оформлення питань О П та БЖД             | До 27.05.2023                  |          |
| 9     | Оформлення графічного матеріалу          | До 10.06.2023                  |          |
| 10    | Оформлення пояснювальної записки         | До 10.06.2023                  |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |

Студентка

Говоруха О.В.

Керівник роботи

Буховець В.М.

## Анотація

Розрахунок та конструювання приводу головного руху токарного верстату для обробки валів - шестерень діаметром 80-100 мм // Кваліфікаційна робота бакалавра. Говоруха Олена Вікторівна. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВз-41.: ТНТУ, 2023.

Ключові слова: деталь «вал-шестерня», механічна обробка, режими різання, привід головного руху, передача гвинт-гайка кочення.

В кваліфікаційній роботі бакалавра приведено технологічні розрахунки на технологічну операцію «Токарна з ЧПК» та «Фрезерно-шпонкова» для деталі «вал-шестерня». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу головного руху верстату. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

## Annotation

HOVORUKHA OLENA. Calculation and construction of the drive of the main movement of the lathe for processing of gear shafts with a diameter of 80...100 mm. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2023.

Key words: "shaft-gear" part, machining, cutting modes, main motion drive, rolling screw-nut transmission.

In the bachelor's qualification work, technological calculations for the technological operation "Lathe with CNC" and "Milling-key" for the "shaft-gear" part are given. The kinematic scheme of the machine has been developed. The design of the machine's main motion drive has been completed. Resolved issues of labor protection and life safety.

|           |           |          |        |      |  |      |         |
|-----------|-----------|----------|--------|------|--|------|---------|
|           |           |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>                                    |      |         |
| Зм.       | Арк.      | № докум. | Підпис | Дата |  |      |         |
| Розроб.   | Говоруха  |          |        |      | Літ.   | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  | Буховець  |          |        |      |  | 4    | 1       |
| Реценз.   |           |          |        |      | <b>Анотація</b><br>ТНТУ ім. І. Пулюя<br>гр. МВз-41, м. Тернопіль |      |         |
| Н. Контр. | Кобельник |          |        |      |  |      |         |
| Затверд.  | Кобельник |          |        |      |  |      |         |

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| Вступ  | 6  |
| 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА  | 8  |
| 1.1 Аналіз завдання  | 8  |
| 1.2 Характеристика об'єкту виробництва   | 10 |
| 1.3 Огляд літератури   | 11 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ  | 13 |
| 2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання                                     | 13 |
| 2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції  | 14 |
| 2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції  | 20 |
| 2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції  | 21 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА   | 24 |
| 3.1 розробка кінематичної схеми верстату   | 24 |
| 3.1.1 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата  | 24 |
| 3.1.2 Вибір електродвигуна приводу головного руху  | 28 |
| 3.1.3 Визначення діапазону регулювання приводу   | 29 |
| 3.1.4 Визначення передаточних відношень та чисел зубів коробки швидкостей, побудова кінематичної схеми | 30 |
| 3.2 Силовий розрахунок приводу головного руху  | 32 |
| 3.3 Розрахунок ходового гвинта верстату  | 36 |
| 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ   | 45 |
| 4.1 Небезпеки при роботі на токарних верстатах   | 45 |
| 4.2 Шкідливі виробничі фактори   | 49 |
| ВИСНОВКИ   | 52 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ  | 54 |
| ДОДАТКИ  | 57 |

|   |      |                |        |      |
|---|------|----------------|--------|------|
| <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i>                 |      |                |        |      |
| Зм.   | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |
| Розроб.                                       |      | Говоруха О.В.  |        |      |
| Перевір.                                      |      | Буховець В.М.  |        |      |
| Реценз.                                       |      |                |        |      |
| Н. Контр.                                     |      | Кобельник В.Р. |        |      |
| Затверд.                                      |      | Кобельник В.Р. |        |      |
| <b>ЗМІСТ</b>                                  |      |                | Лім.   | Арк. |
|   |      |                | 5      | 1    |
| ТНТУ ім. І. Пулюя<br>гр. МВЗ-41, м. Тернопіль |      |                |        |      |

## ВСТУП

В умовах військової агресії, якій піддалась Україна, машинобудівна галузь та верстатобудування повинні стати локомотивом, який виведе нашу країну до економічної незалежності, а їх ефективний розвиток дозволить зміцнити її обороноздатність.

Саме тому проектоване металорізальне обладнання повинно бути досконалим, відповідати кращим світовим взірцям та мати певну новизну конструкторських рішень [1, 2].

На виробництві широке застосування мають верстати токарної групи, а саме верстати з ЧПК. Ці верстати відносяться до високопродуктивного обладнання, яке знаходить широке використання в різноманітних галузях промисловості. Проектування верстатів даної групи передбачає створення сучасного металообробного обладнання, яке має необхідну точність, продуктивність та відповідає вимогам універсальності.

Практика показує, що токарні верстати з ЧПК широко використовуються на виробництві для забезпечення чорнової та чистової обробки.

Проектоване обладнання повинно відповідати основним тенденціям розвитку верстатів з ЧПК. Створюване обладнання стає все більш складним та інтелектуальним, воно повинно забезпечувати необхідну концентрацію технологічних операцій при одному установі, мати засоби, які дозволяють здійснювати автоматичну зміну різального інструменту [3]. Супорти верстату повинні здійснювати як поперечне, так і повздовжнє переміщення, що дозволить забезпечити більшу кількість формоутворюючих рухів. Також верстати повинні мати засоби активного контролю, що дозволить якісно контролювати процес обробки.

|           |           |          |        |      |                               |   |      |         |
|-----------|-----------|----------|--------|------|-------------------------------|---|------|---------|
|           |           |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> |   |      |         |
|           |           |          |        |      |                               |   |      |         |
| Зм.       | Арк.      | № докум. | Підпис | Дата | <b>ВСТУП</b>                  | Літ.  | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   | Говоруха  |          |        |      |                               |   | 6    | 2       |
| Перевір.  | Буховець  |          |        |      |                               |   |      |         |
| Реценз.   |           |          |        |      |                               |   |      |         |
| Н. Контр. | Кобельник |          |        |      |                               |   |      |         |
| Затверд.  | Кобельник |          |        |      |                               |   |      |         |
|           |           |          |        |      |                               | ТНТУ ім. І. Пулюя<br>гр. МВЗ-41, м. Тернопіль |      |         |

Сучасне проектування передбачає використання засобів різноманітних CAD-CAM систем [4], а також вимагає участі виконавців, що мають відповідний рівень практичної та теоретичної підготовки.

При розробці технологічного процесу (ТП) також застосовують сучасні CAD/CAM системи, які дозволяють суттєво пришвидшити процес технологічної підготовки виробництва.

Сучасне виробництво може бути конкурентоспроможним, якщо воно передбачає широке застосування новітніх інформаційних технологій, які повинні використовуватись на всіх етапах життєвого циклу виробів.

**Структура і обсяг роботи.** До складу кваліфікаційної роботи бакалавра входить пояснювальна записка, що містить вступ, чотири розділи і основні висновки. Записка містить \_\_\_ аркушів пояснювального матеріалу, \_\_\_ рисунків та \_\_\_ таблиць. При написанні роботи використано спеціалізовану літературу, яка складається з \_\_\_ найменувань, вони розміщені на \_\_\_ сторінках, а також \_\_\_ додатків на \_\_\_ сторінках. Загальний обсяг роботи становить \_\_\_ сторінок.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 7    |

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз завдання

В якості вихідних даних на виконання кваліфікаційної роботи беремо креслення деталі представника, а саме деталі «вал-шестерня» (рис. 1.1). Згідно завдання річна програма випуску деталі «вал-шестерня» становить 2200 штук на рік. Також в якості вихідних даних для проектування ми будемо використовувати базовий ТП та паспорти обладнання, яке використовується.

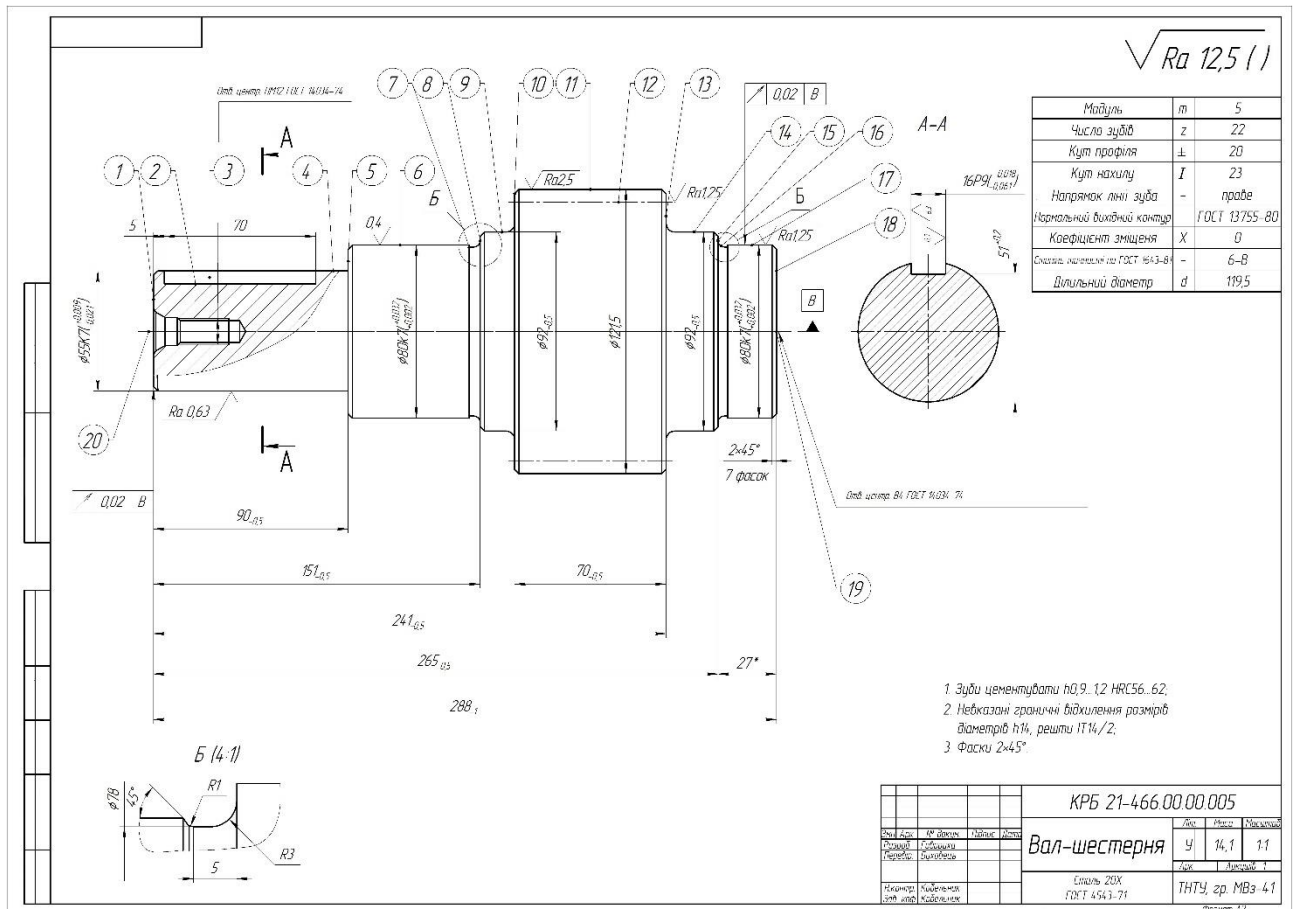


Рис. 1.1. Креслення деталі «вал-шестерня»

Задана в завданні річна програма випуску деталі «вал-шестерня» відповідає серійному виробництву.

|   |      |           |        |      |
|---|------|-----------|--------|------|
| <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>                         |      |           |        |      |
| Зм.   | Арк. | № докум.  | Підпис | Дата |
| Розроб.   |      | Говоруха  |        |      |
| Перевір.  |      | Буховець  |        |      |
| Реценз.   |      |           |        |      |
| Н. Контр.   |      | Кобельник |        |      |
| Затверд.  |      | Кобельник |        |      |
| <b>Аналітична частина</b>                             |      |           | Літ.   | Арк. |
|   |      |           | 8      | 5    |
| <b>ТНТУ ім. І. Пулюя<br/>гр. МВЗ-41, м. Тернопіль</b> |      |           |        |      |



Попередній аналіз та розрахунок показав, що для отримання заготовки економічно доцільним є використання методу гарячого штампування. Креслення заготовки отриманої таким способом приведене на рис. 1.2.

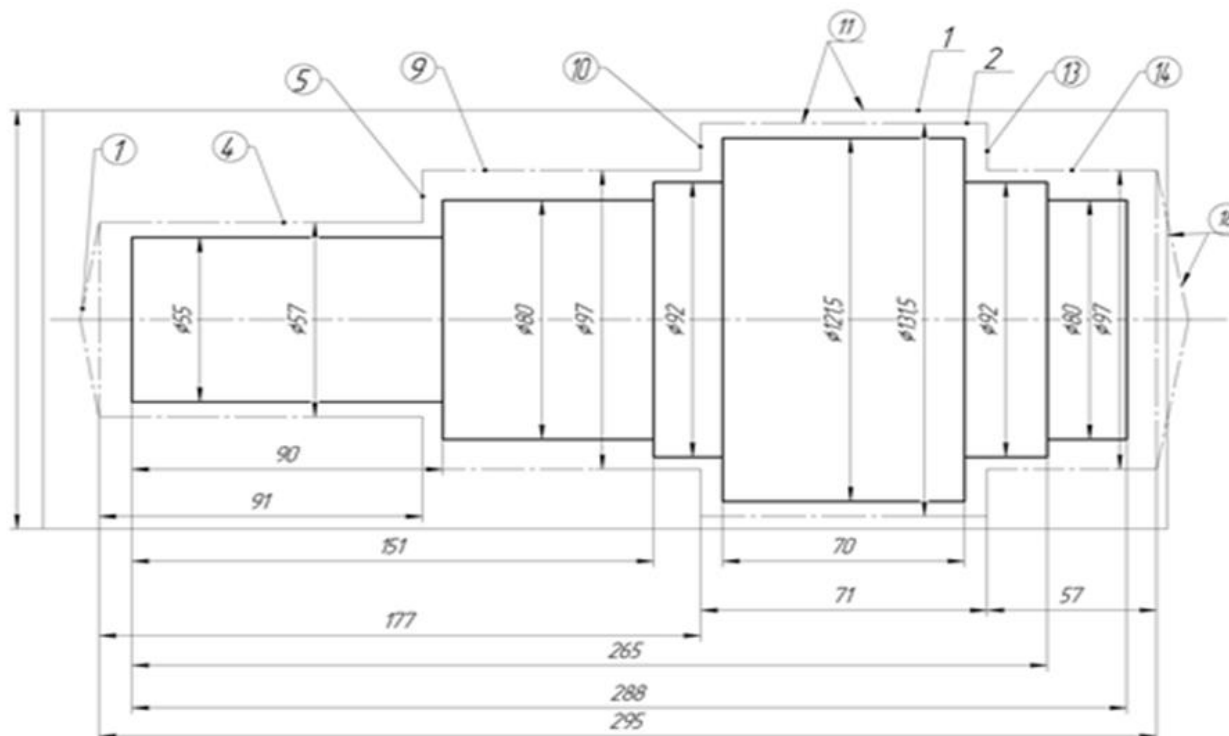


Рис. 1.2. Креслення заготовки деталі «вал-шестерня», отриманої методом гарячого штампування

Базовий маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «вал-шестерня» було розроблено для умов одиничного виробництва. Оскільки у відповідності до виданого завдання, обробка деталі «вал-шестерня» буде здійснюватися в умовах серійного виробництва, то розроблений ТП буде відрізнятися від базового. Так було виключено такі операції, як слюсарна та маркувальна. Також зміни були внесені стосовно використовуваного обладнання. Замість універсальних пропонуються до використання верстати з ЧПК, а також використання технологічного оснащення з механізованим приводом, револьверні головки та інструментальні магазини.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 9    |

Для обробки деталі «вал-шестерня» ми будемо використовувати токарний верстат мод. 16К20Ф3 (його паспорт, входить до завдання, що видане для проектування).

Для деталі «вал-шестерня» в якості матеріалу застосовують Сталь 20Х, маса валу становить 14,1 кг.

## 1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Для деталі «вал-шестерня» в якості матеріалу використовується Сталь 20Х [5], зведемо дані про її хімічний склад та механічні властивості до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Хімічний склад і механічні властивості Сталі 20Х

| С<br>(вуглець) | Mn<br>(марганець) | Cr<br>(хром) | Si<br>(кремній) | Ni<br>(нікель) | S<br>(сірка)     | P<br>(фосфор) | Cu<br>(мідь) | НВ         |
|----------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|--------------|------------|
| 0,17-<br>0,23  | 0,5-0,8           | 0,7-1        | 0.17-<br>0.37   | до<br>0.3%     | до<br>0.035<br>% | до<br>0.035%  | до<br>0.3%   | 217<br>-35 |

Конструкція деталі «вал-шестерня» має просту стійку форму з зручними технічними базами. Її форма дозволяє отримати заготовку, яка за своєю геометричною формою буде близька до основної конструкції. Заготовка отримується методом гарячого об'ємного штампування, що дозволяє забезпечити отримання виточки без припусків на обробку. Це дозволяє спростити процес обробки деталі, а отже знизити її трудомісткість.

Згідно проведеного аналізу деталей «вал-шестерня» входить до складу редуктора. Її основне призначення – передача крутного моменту. Для цього на валі передбачено прямозубий вінець, число зубів  $z = 22$ , а модуль зачеплення  $m = 5$ . При цьому ширина зубчастого вінця становить 70 мм, а необхідна досяжна шорсткість –  $R_a = 2,5$ , величина радіального биття відносно бази повинна становити не більше 0,02 мм.

Для передачі крутного моменту деталь «вал-шестерня» містить шпонковий паз  $50 \times 4 \times 16P9$ .

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 10   |

Аналіз креслення деталі показав, що поверхня  $\varnothing 80K7$  є базовою. Вона забезпечує монтаж валу в підшипник. Інша базова поверхня  $\varnothing 55K6$  має шпонковий паз  $70 \times 4 \times 16P9$ , при цьому шорсткість бічних поверхонь пазу повинна становити  $R_a = 0,63$ , а дно пазу повинно відповідати вимогам  $R_a = 12,5$ .

В цілому точність деталі є доволі високою, найбільш точними поверхнями є  $\varnothing 80K7 R_a = 0,4$ ,  $\varnothing 55K6 R_a = 0,63$ ,  $\varnothing 80K7 R_a = 12,5$ , а також бічні і внутрішні поверхні зубів. Для досягнення чистоти поверхні  $K6$  та  $R_a = 0,4$  необхідно задіяти провести обробку поверхонь з використанням операцій шліфування та полірування.

Під час обробки шлицевого пазу необхідно провести попереднє налаштування верстату на розмір.

Досягнення необхідної точності розмірів, а також необхідної шорсткості і допустимих просторових відхилень, і геометричних похибок можливе при використанні стандартного обладнання.

В цілому деталь «вал-шестерня» є технологічною.

### 1.3 Огляд літератури

В процесі обробки деталі типу «вал-шестерня» слід дотримуватися вимог щодо її геометричних розмірів, а також забезпечити якість основних виконавчих поверхонь.

Для обробки валів, що містять відповідальні поверхні з високими вимогами щодо точності поверхонь, доцільно використовувати токарні верстати з ЧПК, до яких відноситься верстат моделі 16K20Ф3.

В роботі [6] запропоновано структурну схему системи автоматичного управління точністю механічної обробки (рис. 1.3), яка передбачає використання токарного верстату з ЧПК моделі 16K20Ф3. Автори запропонували спеціальний алгоритм керування, який ґрунтується на статистичному прогнозуванні.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 11   |

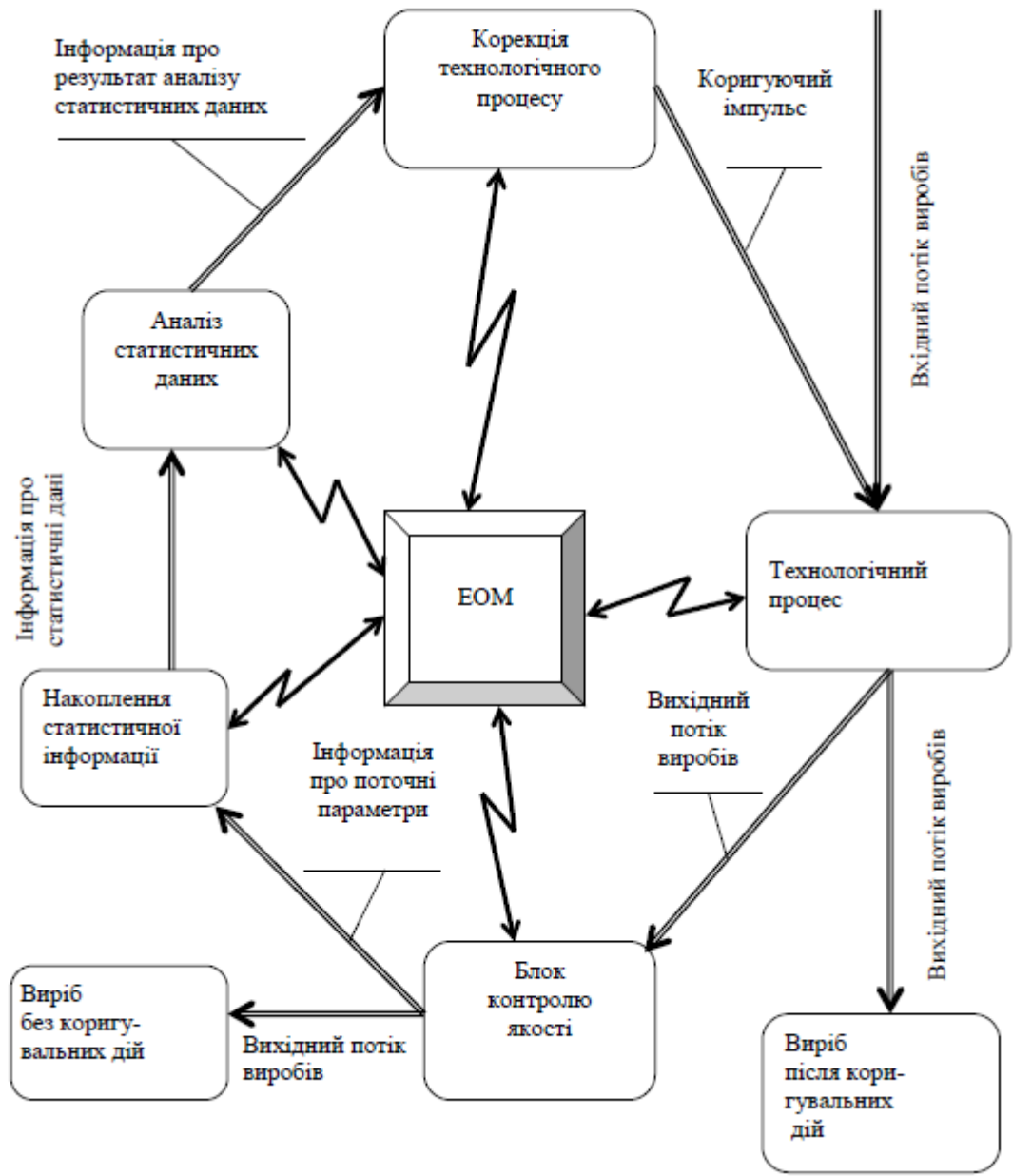


Рис. 1.3. Структурна схема системи автоматичного керування точністю обробки

Запропонована схема дозволяє здійснити автоматичну корекцію похибки механічної обробки від таких факторів як теплові деформації, зношення ріжучої частини інструменту, а також неконтрольованих факторів на вході системи ВПД. Дана система передбачає використання спеціальних етапів, які пов'язані з прогнозуванням та оптимальним програмуванням операцій управління точністю.

Багато фірм пропонують для обробки складних ступінчастих валів обладнання, яке передбачає використання вузлів з паралельною кінематикою.

Використання таких верстатів дозволяє проводити комплексну обробку деталей типу «ступінчастий вал» [1].

Актуальними є розробки, в яких пропонуються конструкції спеціального багатолезового оснащення з адаптивними кінематичними зв'язками [7, 8]. Запропоновані авторами конструктивні рішення можуть успішно використовуватися для обробки циліндричних поверхонь валів.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 13   |

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання

Провівши аналіз базового ТП виготовлення деталі «вал-шестерня», ми виявили в ньому ряд недоліків, вони стосувалися застосовуваного технологічного обладнання. Для забезпечення необхідної продуктивності виготовлення деталі пропонується інший порядок обробки, та обладнання, яке при цьому може бути використане, вони приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розроблений ТП обробки деталі «вал-шестерня»

| №   | Назва технологічної операції | Обладнання |
|-----|------------------------------|------------|
| 005 | Фрезерно-центрувальна        | МР-71М     |
| 010 | Токарна                      | 16К20Ф3    |
| 015 | Термічна                     |            |
| 020 | Токарна з ЧПК                | 16К20Ф3    |
| 025 | Токарна з ЧПК                | 16К20Ф3    |
| 030 | Зубофрезерна                 | 5К324      |
| 035 | Термічна                     |            |
| 040 | Шпонково-фрезерна            | 6Н11       |
| 045 | Круглошліфувальна            | 3М153      |
| 050 | Контрольна                   |            |

Фрезерно-центрувальна операція (005) – передбачає використання фрезерно-центрувального верстату моделі МР-71М. Деталь встановлюється в призмах, затискається, після чого підрізається торець та відбувається обробка центрувальних отворів. Обробка відбувається з двох сторін заготовки.

Операція Токарна з ЧПК (010) – передбачає обробку на токарному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3. Деталь закріплюється в патроні та центрі. Відбувається чорнова обробка заготовки по контуру з припуском під чистову обробку. Також після переустановлення деталі знімається фаска.

|           |      |           |        |      |                                 |   |      |         |
|-----------|------|-----------|--------|------|---------------------------------|---|------|---------|
|           |      |           |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>   |   |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.  | Підпис | Дата |                                 |   |      |         |
| Розроб.   |      | Говоруха  |        |      | <b>Технологічний<br/>розділ</b> | Літ.  | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Буховець  |        |      |                                 |   | 13   | 9       |
| Реценз.   |      |           |        |      |                                 | <b>ТНТУ ім. І. Пулюя<br/>гр. МВЗ-41, м. Тернопіль</b> |      |         |
| Н. Контр. |      | Кобельник |        |      |                                 |   |      |         |
| Затверд.  |      | Кобельник |        |      |                                 |   |      |         |

Операція Термічна (015) – для її виконання застосовується піч. На даній операції здійснюють нормалізацію заготовки (дозволяє зняти внутрішні напруження та покращити структуру металу).

Операція Токарна з ЧПК (020) – передбачає обробку на токарному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3. Дана операція передбачає чистову обробку поверхні деталі за програмою, а також чистову обробку торців.

Операція Токарна з ЧПК (025) – передбачає обробку на токарному верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3. Дана операція передбачає чистову обробку контуру з припуском під шліфування.

Операція Зубофрезерна (030) – передбачає обробку на зубофрезерному верстаті моделі 5К324. Під час виконання даної операції відбувається нарізання 22 зубів з модулем  $m = 5$  за ступенем точності 6-В.

Операція Термічна (035) – для її виконання застосовується піч. В процесі термообробки відбувається цементація зубів до HRC 56-62.

Операція Шпонково-фрезерна (040) - передбачає обробку на шпонково-фрезерному верстаті моделі 6Н11. Під час виконання даної операції відбувається фрезерування шпонкового пазу 16Р9, глибиною 4 мм та довжиною 70 мм.

Операція Круглошліфувальна (045) – передбачає використання круглошліфувального верстату моделі 3М153. В процесі обробки в два заходи відбувається попереднє та чистове шліфування поверхонь  $\varnothing 80K7$  та  $\varnothing 55K7$ .

Операція Контрольна (050) – передбачає застосування спеціальної контрольно-вимірювальної машини. В процесі виконання даної операції здійснюють контроль точності деталі у відповідності до робочого креслення.

## 2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 010 Токарна з ЧПК. Обробку будемо проводити різцем з пластинкою HS345.

На основі відомої аналітичної залежності визначимо глибину різання:

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 14   |

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (2.1)$$

$$t = \frac{62,2 - 58}{2} = 2,1 \text{ мм}$$

Приймаємо глибину різання за один прохід  $t = 2,1$  мм.

Приймаємо величину подачі  $S_0 = 0,2$  мм/об [9, стор. 266, табл. 11].

Для подальших розрахунків приймаємо період стійкості різця  $T = 30$  хв.

Наступним кроком є визначення швидкості різання. Для розрахунків скористаємось аналітичною залежністю, яка дозволяє враховувати ріжучі властивості різця [10]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (2.2)$$

де:  $C_V, x, y, m$  – табличні коефіцієнти, вони дозволяють врахувати особливості оброблюваного матеріалу, матеріал різальної частини різця та величину подачі.

$C_V = 340; y = 0,45; m = 0,2; x = 0,15$  [10].

Для обчислення виразу (2.2) слід додатково провести розрахунок значення коефіцієнту  $K_V$ , використавши наступну формулу:

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{nV} \quad (2.3)$$

де  $K_{mV}$  – табличний коефіцієнт, що дозволяє врахувати матеріал заготовки, приймаємо  $K_{mV} = 1$ ;  $K_{uV}$  – коефіцієнт, що дозволяє врахувати матеріал ріжучої частини інструменту, приймаємо  $K_{uV} = 0,65$ ;  $K_{nV}$  – коефіцієнт, що дозволяє врахувати стан поверхні матеріалу, приймаємо  $K_{nV} = 0,9$  – для штампування.

Тоді отримаємо:

$$K_V = 1 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,585$$

$$V = \frac{340}{30^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 0,585 = 165 \text{ м/хв}$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 15   |



На основі відомої аналітичної залежності [10] визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.4)$$

де:  $V$  – значення швидкості різання (визначається розрахунками), м/хв;

$D$  – прийняте для розрахунків значення  $\varnothing$  оброблюваної поверхні,  $D = 55$  мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 165}{3,14 \cdot 55} = 955 \text{ хв}^{-1}$$

На наступному кроці відбувається коригування розрахункового значення частоти обертання шпинделя до дійсних даних верстату (згідно паспорту), приймаємо  $n_{\delta} = 1000 \text{ хв}^{-1}$ .

Тоді величина дійсної швидкості різання буде обчислюватись за виразом:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot n_{\delta} \cdot D}{1000} \quad (2.5)$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$V_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 55}{1000} = 172,7 \text{ м/хв}$$

Далі визначаємо необхідну потужність, яку повинен забезпечити верстат для здійснення процесу різання [10]:

$$N_E = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.6)$$

де:  $P_z$  – розрахункове значення тангенціальної складової сили різання, Н.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 16   |

Дану складову можна розрахувати за виразом [10]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.7)$$

де:  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коефіцієнти, що дозволяють врахувати конкретні умови обробки (їх обирають табличним способом, так  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ );  $K_p$  – коефіцієнт, який дозволяє врахувати фактичні умови різання, його можна обчислити за допомогою аналітичної залежності:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.8)$$

коефіцієнти, які використовуються у виразі 2.8 відповідно дозволяють врахувати вплив:

- якості матеріалу, що обробляється ( $K_{mp} = 0,92$ );
- геометричних параметрів та характеристик різця ( $K_{\phi p} = 0,89$ ;  $K_{\gamma p} = 1$ ;  $K_{\lambda p} = 1$ ;  $K_{rp} = 1$ ), їх значення обираються із відповідних таблиць.

Після підстановки визначаємо значення коефіцієнта  $K_p$ :

$$K_p = 0,92 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,82$$

Далі обчислюємо величину тангенціальної складової сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 172,7^{-0,15} \cdot 0,82 = 775 \text{ Н.}$$

На наступному кроці визначаємо розрахункове значення потужності:

$$N_E = \frac{775 \cdot 172,7}{1020 \cdot 60} = 2,1 \text{ кВт}$$

Методикою розрахунку передбачається перевірка, чи достатньою є потужність приводу верстату для здійснення процесу різання:

$$N_e \leq N_{\text{шп}} \quad (2.9)$$

де:  $N_e$  – потужність приводу, яку слід забезпечити, щоб відбувся процес різання;

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 17   |

$N_{\text{шп}}$  – паспортне значення потужності на шпинделі обраного верстату, кВт.

Для того, щоб розрахувати величину потужності на шпиндельному вузлі верстату можна застосувати наступний вираз:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta \quad (2.10)$$

де:  $N_{\text{д}} = 10$  кВт, (прийнято на основі паспортних даних верстату 16К20Ф3);

$\eta$  – величина, що характеризує ККД верстату,  $\eta = 0,85$ .

Після підстановки отримаємо:

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт}$$

Перевіримо умову (2.9), чи можливий процес обробки, так як  $2,1 \leq 8,5$ , то обробка можлива.

Здійснимо розрахунок обертового моменту, який повинен забезпечити шпиндель верстату:

$$M_{\text{об}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (2.11)$$

Числові значення складових елементів, що входять до даного виразу, були розраховані раніше, тому в результаті підстановки отримаємо:

$$M_{\text{об}} = \frac{775 \cdot 55}{2 \cdot 1000} = 21,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для забезпечення процесу різання повинна виконуватися умова:

$$M_{\text{об.розр}} \leq M_{\text{об.верс}} \quad (2.12)$$

Допустимий крутний момент, який визначається міцністю механізму головного руху обчислюємо за виразом:

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 18   |

$$M_{\text{об.верс}} = 9750 \cdot \frac{N_{\text{шп}}}{n_{\text{ст.мін}}} \quad (2.13)$$

Після підстановки отримаємо:

$$M_{\text{об.верс}} = 9750 \cdot \frac{0,85}{1756} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевіряємо, чи виконується умова (2.12):

Оскільки  $21,3 \leq 45$ , то умова виконується.

Визначаємо основний технічний час для двох проходів:

$$T_o = \frac{L}{n_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}}} \cdot i \quad (2.14)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу, мм.

Значення довжини робочого ходу визначаємо з виразу:

$$L = L_d + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер.}} \quad (2.15)$$

де  $L_d = 90$  мм – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg} \varphi + (1 \dots 2) = 3,2 \cdot \text{ctg} 90 + (1 \dots 2) = 5,2$  мм – довжина шляху  
врізання;

$l_{\text{пер}} = 2$  мм – довжина перебігу інструменту;

$i = 2$  - кількість проходів.

**Після підстановки отримаємо:**

$$L_d = 90 + 5,2 + 2 = 97,2 \text{ мм}$$

Тоді значення основного технічного часу буде становити:

$$T_o = \frac{97,2}{1000 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,9 \text{ хв}$$

З використанням спеціального програмного комплексу від компанії «Walter» [11] проведемо автоматизований розрахунок на шпонково-фрезерну операцію. На рис. 2.1. приведено стартове вікно програми, а на рис. 2.2 – результати автоматизованого розрахунку.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 19   |

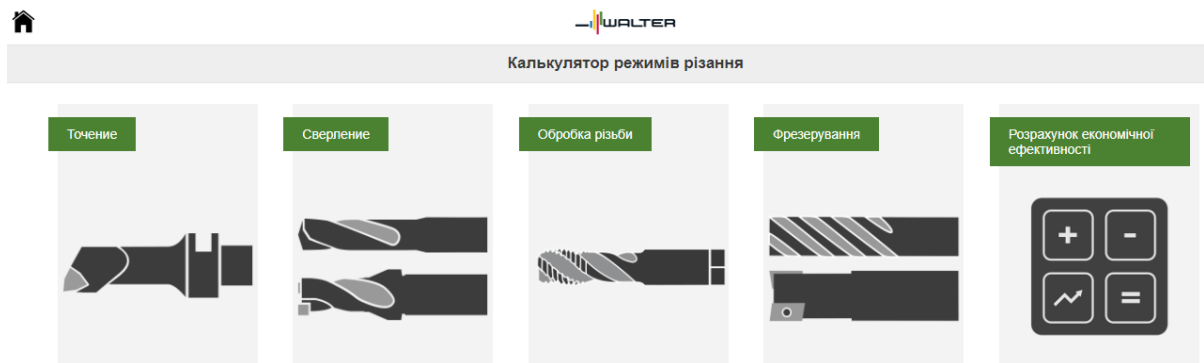


Рис. 2.1. Початкове вікно програми «Калькулятор режимів різання»

| Закаленная сталь закаленная и отпущенная (HRC 60) |                 | Диаметр                 | Скорость резания | Частота вращения, об./хв |
|---|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| X   |                 | 16.00                   | 7                | 149                      |
| Коп-во зубьев                                     | Глубина резания | Диаметр                 | vc   м/хв        | n   RPM                  |
| 2   | 4.00            | 16.00                   | 0.14             | 0.28                     |
| 3   | ар   мм         | Ширина резания          | Подача на зуб    | Подача на оборот         |
| Хвилины подача                                    | Длина обработки | ae   мм                 | fz   мм          | fn   мм/об               |
| 42  | 70.00           | Передний угол           | КПД станка       | Критерий суми            |
| vf   мм/хв  | lm   мм         | γ   °                   | η   %            | %                        |
| Формулы розрахунку                                |                 | Средняя толщина стружки |                  |                          |
| fx  |                 | 0,09 хм   мм            |                  |                          |
|   |                 | Удельный съём материала |                  |                          |
|   |                 | 2.67 см³/хв             |                  |                          |
|   |                 | Время обработки         |                  |                          |
|   |                 | 1 хвилины 40 секунд     |                  |                          |
|   |                 | Момент                  |                  |                          |
|   |                 | 22.46 Мс   Нм           |                  |                          |
|   |                 | Мощность                |                  |                          |
|   |                 | 0,37 Pmot   кВт         |                  |                          |

Рис. 2.2. Результати автоматизованих розрахунків для операції фрезерування шпонкового пазу

### 2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції

В процесі обробки деталі «вал-шестерня» ми будемо використовувати високопродуктивне технологічне обладнання. При виборі обладнання ми враховували досягну точність, яку воно може забезпечити, керувались рекомендаціями, щодо відповідності обладнання типу виробництва, а також масо-габаритними та геометричними особливостями деталі. Крім того ми перевіряли, чи забезпечує обладнання розрахункові режими обробки та економічну доцільність його застосування.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 20   |

Виходячи з цього для технологічних операцій, які передбачають механічну обробку деталі «вал-шестерня» обираємо обладнання, його загальний вигляд та технічні характеристики приведені в Додатку А.

Для операції 005 призначаємо фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-71М. Даний верстат дозволяє здійснювати одночасне фрезерування двох торців деталей типу вали, а після цього проводити подальше свердління центральних отворів.

Для операцій 010, 020, 025 призначаємо токарний верстат з ЧПК моделі 16К20Ф3. Даний верстат дозволяє здійснювати обробку деталей типу тіл обертання в замкнутому напівавтоматичному циклі. Його робоча зона дозволяє обробляти деталі діаметром до 400 мм та довжиною до 1000 мм. функціональні можливості верстату дозволяють здійснювати обробку деталей зі східчастим та криволінійним профілем в осьовому перерізі. Буде використовуватись розроблений поводковий патрон.

Для операції 030 призначаємо зубофрезерний верстат моделі 5К324. Даний верстат дозволяє здійснювати операцію фрезерування циліндричних зубчастих коліс. Конструкція верстата передбачає можливість радіального врізання фрези в заготовку, що дозволяє скоротити час обробки.

Для операції 040 призначаємо шпонково-фрезерний верстат моделі 6Н11. Даний верстат дозволяє здійснювати обробку виробів порівняно невеликих розмірів з використанням циліндричних, торцевих, дискових, кутових, фасонних та модульних фрез.

Для операції 045 призначаємо круглошліфувальний верстат моделі 3М153. Даний верстат дозволяє здійснювати обробку зовнішніх циліндричних та конічних поверхонь в умовах серійного та масового виробництва.

## 2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції

На вибір ріжучого інструменту впливає цілий ряд факторів, таких як:


- метод обробки;
- матеріал оброблюваної деталі;

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 21   |


- вимоги до поверхні деталі, яка обробляється.

Згідно існуючих рекомендацій, при обробці на металорізальних верстатах перевага надається використанню стандартизованого інструменту, оскільки виготовлення спеціального інструменту не завжди є економічно доцільним.

Для операції 010 Токарна з ЧПК призначаємо різець MWLNR2525M03 [12], його загальний вигляд та технічні характеристики приведені на рис. 2.3.



**Точення ISO**  
Основне застосування

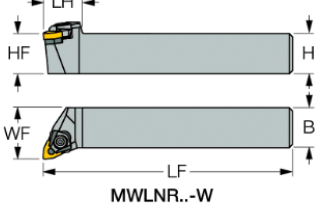


Зовнішньо. тригон. 80°, кут у плані 95°  
Операція


Сумісна пластина Сумісне
оснащення

---

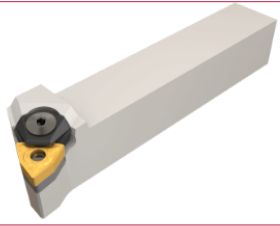
**ISOTURN**  
Назва серії: MWLNR/LW Державки з клиновим прихватом для тригональних пластин



MWLNR..-W




MWLNR..-06SW



Показано правосторонню

Позначення: MWLNR 2525M-08W

Non ISO
ISO 13399





| H    | HF   | B    | LF     | LH   | WF    | HAND | MIID  |
|------|------|------|--------|------|-------|------|---|
| 25.0 | 25.0 | 25.0 | 150.00 | 30.0 | 32.00 | R    | WNMG 080404-GN  |

Рис. 2.3. Загальний вигляд та характеристики різця MWLNR2525M03

Виробник пропонує підібрати для даного різця ріжучі пластини (вони обираються в залежності від оброблюваного матеріалу (рис. 2.4).



**Non ISO**    **ISO 13399**

Підбір пластин : MWLNR 2525M-08W



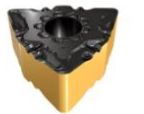
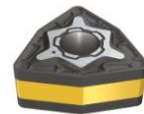

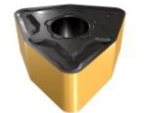
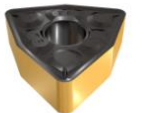
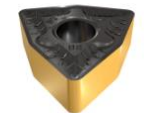
|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  <p><b>WNMG-CERMET</b><br/>Double-Sided Trigon Cermet Grade Inserts for Semi-Finishing and Finishing Applications</p> |  <p><b>WNMG-F3S</b><br/>Double-Sided 80° Trigon Inserts for Titanium and Heat Resistant Materials Finishing Applications</p> |  <p><b>WNMG-F3P</b><br/>Двосторонні пластини "ламаний трикутник" для фінішної обробки сталі</p>                                |  <p><b>WNMG-M3P</b><br/>Двосторонні пластини "ламаний трикутник" для напівчистої обробки сталі</p> |
|  <p><b>WNMG-F3M</b><br/>Двосторонні трикутні пластини "ламаний трикутник" для фінішної обробки нержавіючої сталі</p>  |  <p><b>WNMG-M3M</b><br/>Двосторонні трикутні пластини для обробки нержавіючої сталі та низькоуглицевої сталі</p>             |  <p><b>WNMG-TF</b><br/>Двосторонні трикутні пластини "ламаний трикутник" для обробки різних матеріалів на середніх режимах</p> |  <p><b>WNMG-GN</b><br/>Двосторонні пластини "ламаний трикутник" для загальної обробки</p>          |

Рис. 2.4. Ріжучі пластини, що пропонує виробник для різця MWLNR2525M03

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 22   |

Для операції 040 Шпонково-фрезерна призначаємо фрезу фірми ISCAR EC-H4M16-32C16CF-E92 [13], їх загальний вигляд та технічні характеристики приведені на рис. 2.5.

Головна сторінка > Фрезерування > Врізання та расфрезерівка > EC-H4M-CFE > EC-H4M 16-32C16CF-E92



Фрезерування  
Основне застосування



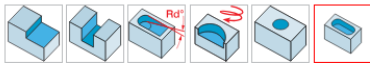
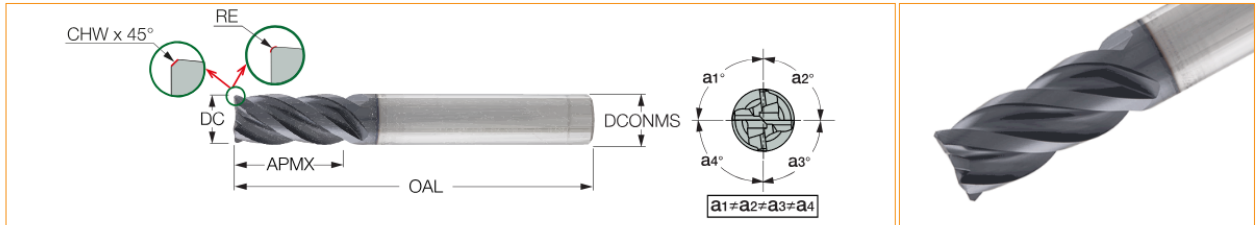
Врізання та расфрезерівка  
Додаткове застосування

Підбір державок\оправок

### SOLIDMILL CHATTERFREE

TEC LINE SOLID MILL LINE

Family Designation: EC-H4M-CFE Кінцеві твердосплавні 4-х канавочні фрези з різним кутом нахилу спіралі (35° & 37°) та зі змінним кроком зубів. Використовується для чорнової та чистової обробки з дуже високою швидкістю знімання металу.



Item Designation: EC-H4M 16-32C16CF-E92

Non ISO ISO 13399

| DC    | DCONMS | APMX  | RE | KCH  | OAL   | NOF | RMPX* | Shank | fz (min) | fz (max) | CHW  |
|-------|--------|-------|----|------|-------|-----|-------|-------|----------|----------|------|
| 16.00 | 16.00  | 32.00 | -  | 45.0 | 92.00 | 4   | 5.0   | C     | 0.05     | 0.11     | 0.60 |

Рис. 2.5. Загальний вигляд та характеристика фрези EC-H4M16-32C16CF-E92

На інші операції при обробці деталі «вал-шестерня» будемо застосовувати стандартизований інструмент.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 23   |



### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розробка кінематичної схеми верстату

##### 3.1.1 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата

В приводах верстатів з ЧПК переважно використовують двигуни постійного струму, вони можуть працювати в широкому діапазоні частот 1000 ÷ 6500 об/хв. Такі верстати можуть використовувати механічний перебор, це дозволяє ефективно використовувати середню частину діапазону регулювання в межах 20 ÷ 500 об/хв.

Методика розрахунку приводів верстатів з ЧПК передбачає обчислення верхньої та нижньої межі чисел обертів шпинделя проєктованого верстату. При проведенні такого розрахунку слід врахувати максимальну та мінімальну швидкості різання, які будуть залежати від таких факторів, як вид оброблюваного матеріалу, умови обробки, граничні значення діаметрів обробки, тощо.

В якості вихідних даних для розрахунку приймаємо:

- найбільший діаметр обробки 160 мм;
- найбільша довжина 800 мм;
- найменший діаметр обробки 16 мм.

**Чорнове точіння на максимальному діаметрі.**

Проведемо розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{y_v}} \cdot k_v \quad (3.1)$$

|                                |             |                 |               |             |   |             |                |
|--------------------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|-------------|----------------|
|                                |             |                 |               |             | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>               |             |                |
| <b>Зм.</b>                     | <b>Арк.</b> | <b>№ докум.</b> | <b>Підпис</b> | <b>Дата</b> |   |             |                |
| Розроб.                        | Говоруха    |                 |               |             | <b>Літ.</b>                                 | <b>Арк.</b> | <b>Аркушів</b> |
| Перевір.                       | Буховець    |                 |               |             |   | 24          | 21             |
| Реценз.                        |             |                 |               |             | <b>ТНТУ ім. І. Пулюя<br/>гр. МВЗ-41, м.</b> |             |                |
| Н. Контр.                      | Кобельник   |                 |               |             |   |             |                |
| Затверд.                       | Кобельник   |                 |               |             |   |             |                |
| <b>Конструкторська частина</b> |             |                 |               |             |   |             |                |

де  $C_v = 350$ ;  $m = 0,20$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$  – значення постійного коефіцієнта і показників ступеня. [9, стор. 269, табл. 17];

$k_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує задані умови обробки:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\varphi 1v} \cdot k_{rv} \cdot k_{qv} \cdot k_{ov} \quad (3.2)$$

де  $k_{mv} = 1$ ;  $n_v = 1$ ;  $k_r = 0,9$ ;  $k_{nv} = 1$ ;  $k_{uv} = 0,65$ ;  $k_{\varphi v} = 1$ ;  $k_{\varphi 1v} = 1$ ;  $k_{rv} = 1$ ;  $k_{qv} = 1$ ;  $k_{ov} = 1$  – значення коефіцієнтів приймаємо з таблиць [9].

$$k_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,65$$

$T = 30$  хв – період стійкості різця [9, стор. 268].

$$V = \frac{350}{30^{0,20} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,65 = 115,3 \text{ м/хв},$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3.3)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 115,3}{3,14 \cdot 160} = 229,4 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо силу різання при чорновому точінні:

$$P_z = 9,8 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S_{ст}^{Y_{P_z}} \cdot V^{n_{P_z}} \cdot k_{P_z} \quad (3.4)$$

де  $C_{P_z} = 300$  – коефіцієнт що враховує умови обробки [9, ст. 273];

$X_{P_z} = 1$ ;  $Y_{P_z} = 0,75$ ;  $n_{P_z} = -0,15$  – показники ступені, вони відповідно залежать від глибини, подачі та швидкості різання [9, ст.274];

$$k_{P_z} = k_{MP} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp} \quad (3.5)$$

де  $k_{P_z}$  – загальний поправочний коефіцієнт;

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 25   |

$k_{\varphi p} = 0,89; k_{\gamma p} = 1; k_{\lambda p} = 1; k_{r p} = 0,93$  – значення коефіцієнтів приймаємо з таблиць [9].

$$k_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (3.6)$$

$$k_{MP} = \left( \frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1 \text{ [9, ст. 264, табл. 9];}$$

де  $n = 0,75$  [9, ст. 264, табл. 9].

$$k_{pz} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,823,$$

$$P_z = 9,8 \cdot 300 \cdot 5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 115,3^{-0,15} \cdot 0,823 = 3529,11 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність при чорновому точінні:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1000} \quad (3.7)$$

$$N_e = \frac{3529,1 \cdot 115,3}{60 \cdot 1000} = 6,7 \text{ кВт}$$

### ***Чистове точіння на мінімальному діаметрі.***

Розрахунок швидкості різання проводимо згідно виразу (3.1):

$$V = \frac{420}{90^{0,20} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,20}} \cdot 1 = 300 \text{ м/хв,}$$

де  $C_v = 420; m = 0,20; x_v = 0,15; y_v = 0,20$  – значення постійного коефіцієнта і показників ступеня. [9, ст. 269, табл. 17];

$k_v$  – поправочний коефіцієнт (обчислюється згідно виразу 3.2):

де  $k_{mv} = 1; n_v = 1; k_r = 0,9; k_{nv} = 11; k_{uv} = 1; k_{\varphi v} = 1; k_{\varphi 1v} = 1; k_{rv} = 1;$

$k_{qv} = 1; k_{0v} = 1$  (при  $\frac{D_d}{D_3} = \frac{160}{169,5} = 0,94$ ) – значення коефіцієнтів приймаємо з таблиць [9].

$$k_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$T = 90$  хв – період стійкості різця [9, ст. 268].

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 26   |

Визначаємо частоту обертання шпинделя за виразом (3.3):

$$n = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 160} = 5972,3 \text{ хв}^{-1}$$

**Відрізання на максимальному діаметрі.**

Розрахунок швидкості різання проводимо за виразом (3.1):

$$V = \frac{23,7}{90^{0,25} \cdot 0,2^{0,66}} \cdot 1 = 22,3 \text{ м/хв},$$

де  $C_v = 23,7$ ;  $m = 0,25$ ;  $y_v = 0,66$  – значення постійного коефіцієнта і показників ступеня. [9, стор. 269, табл. 17];

$k_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, дозволяє врахувати конкретні умови обробки:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \quad (3.8)$$

де  $k_{mv} = 1$ ;  $k_{nv} = 1$ ;  $k_{uv} = 1$  – значення коефіцієнтів приймаємо з таблиць [9].

$$k_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$T = 90 \text{ хв}$  – період стійкості різця [9, ст. 268].

Визначаємо частоту обертання шпинделя за виразом (3.3):

$$n = \frac{1000 \cdot 22,3}{3,14 \cdot 160} = 44,3 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо силу різання при відрізанні (за виразом 3.4):

де  $C_{P_z} = 247$  – коефіцієнт що враховує умови обробки [9, ст. 273];

$X_{P_z} = 1$ ;  $Y_{P_z} = 0,75$ ;  $n_{P_z} = 0$  – значення коефіцієнтів приймаємо з таблиць [9].

Поправочний коефіцієнт  $k_{P_z}$  розраховуємо за виразом (3.5):

де  $k_{\varphi P} = 1,08$ ;  $k_{\gamma P} = 1$ ;  $k_{\lambda P} = 1$ ;  $k_{rP} = 0,93$ ;  $k_{MP} = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1$  – значення коефіцієнтів приймаємо з таблиць [9].

$$k_{P_z} = 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1$$

де  $n = 0,75$  [9, ст. 264, табл. 9].

$$P_z = 9,8 \cdot 247 \cdot 4^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 22,3^0 \cdot 1,08 = 2954,8 \text{ Н}$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 27   |

### 3.1.2 Вибір електродвигуна приводу головного руху

Проведемо розрахунок необхідної потужності електродвигуна [12]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta} \text{ кВт} \quad (3.9)$$

де  $N_{\text{еф}}$  - ефективна потужність різання, обираємо  $N_{\text{еф}} = 6,7$  кВт;

$\eta$  - ККД приводу головного руху (приймаємо  $\eta = 0,9$ );

$$N_{\text{дв}} = \frac{6,7}{0,90} = 7,5 \text{ кВт}$$

Приймаємо:  $N_{\text{дв}} = 7,5 \text{ кВт}$

Вибираємо електродвигун типу 1PH7107 фірми «Siemens» [14].

Потужність  $P = 7,5$  кВт;  $n_{\text{ном}} = 1500 \text{ хв}^{-1}$ ;  $n_{\text{мах}} = 9000 \text{ хв}^{-1}$ . Основні розміри двигуна наведені на рисунку 3.1.

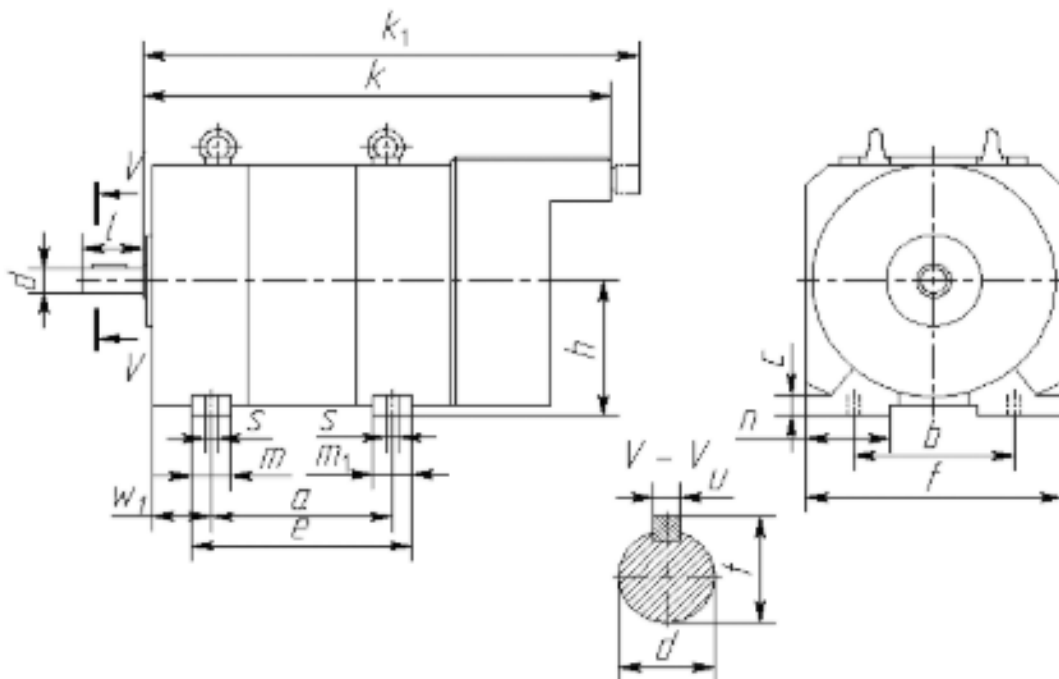


Рис. 3.1. Електродвигун 1PH7107

### 3.1.3 Визначення діапазону регулювання приводу

Визначаємо діапазон регулювання двигуна при постійній потужності:

$$D_{\text{дв}} = \frac{n_{\text{дв.мах}}}{n_{\text{дв.ном}}} \quad (3.10)$$

де  $n_{\text{дв.мах}}$  – максимальне число обертів, що забезпечує обраний двигун, об/хв;

$n_{\text{дв.ном}}$  – номінальна частота обертання, що забезпечує обраний двигун, об/хв;

$$D_{\text{дв}} = \frac{9000}{1500} = 6.$$

Визначаємо діапазон регулювання швидкості шпинделя при постійній потужності:

$$D_{\text{шп}} = \frac{n_{\text{шп.мах}}}{n_{\text{чорн.}}} \quad (3.11)$$

$n_{\text{шп.мах}}$  – максимальне розрахункове значення обертів шпинделя, об/хв;

$n_{\text{чорн.}}$  – мінімальне розрахункове значення обертів шпинделя, об/хв;

$$D_{\text{шп}} = \frac{5972,3}{229,4} = 26,03$$

Визначаємо кількість діапазонів регулювання швидкостей:

$$Z_{\text{к}} = \frac{\ln D_{\text{шп}}}{\ln \varphi^k} \quad (3.12)$$

де  $\varphi^k = 1,26^7$  – розрахунковий коефіцієнт.

$$Z_{\text{к}} = \frac{\ln 26,03}{\ln 1,26^7} = 2$$

Тоді мінімальне значення графіку частот буде становити:

$$n_{\text{min}} = \frac{\lg \left( \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}} \right)}{\lg \varphi} + 1 \quad (3.13)$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 29   |

Після відповідної підстановки отримаємо:

$$n_{min} = \frac{\lg\left(\frac{9000}{40}\right)}{\lg 1,26} + 1 = 25$$

Будуємо графік частот обертання, він приведений на рис. 3.2.

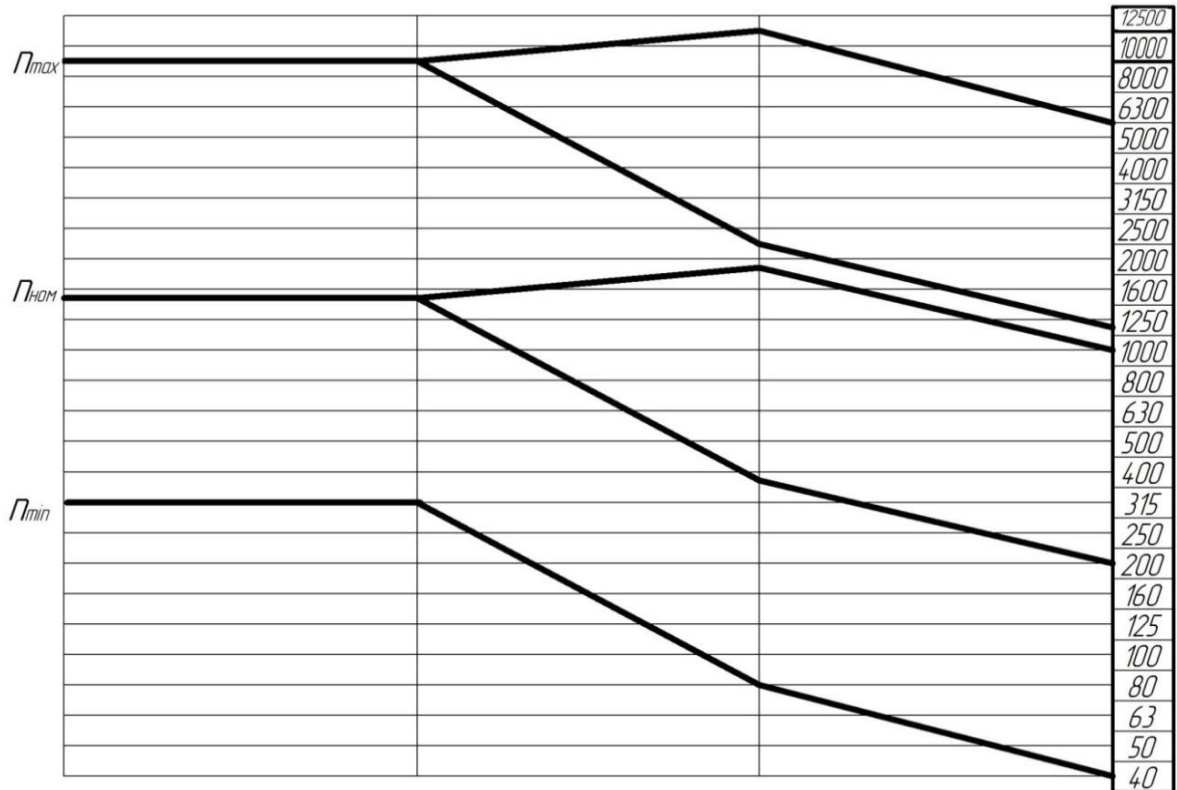


Рис.3.2. Графік частот обертання

### 3.1.4 Визначення передаточних відношень та чисел зубів коробки швидкостей, побудова кінематичної схеми

З використанням побудованого графіку чисел обертів проведемо розрахунок значень передаточних відношень для пар зубчастих коліс.

В приводах металорізальних верстатів використовуються як понижаючі, так і підвищуючі передачі, їх розрахунок будемо проводити за відповідними аналітичними залежностями.

Так понижуючі передачі можуть бути визначені:

$$U = \frac{1}{\varphi^x}; \quad (3.14)$$

Для підвищуючих передач скористаємось виразом:

$$U = \frac{1}{\varphi^x}; \quad (3.14)$$

Результати обчислень приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок числа зубів

| група | Передаточне відношення | Величина інтервалу | Розрахункові значення | Прийняті значення |
|-------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| перша | $\frac{5}{4}$          | 9                  | $\frac{25}{20}$       | $\frac{50}{40}$   |
| друга | $\frac{1}{4}$          | 5                  | $\frac{9}{36}$        | $\frac{20}{100}$  |

Здійснимо побудову ескізу кінематичної схеми коробки швидкостей, використовуючи раніше проведені розрахунки, схема приведена на рис. 3.3.

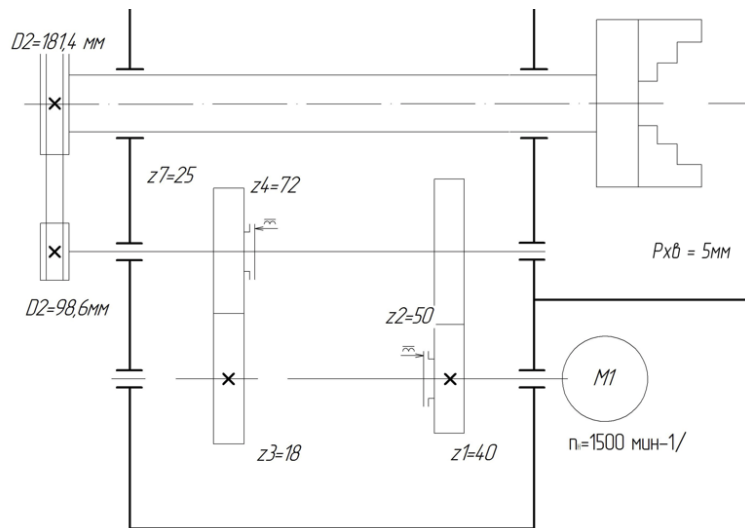


Рис. 3.3. Розроблена кінематична схема приводу головного руху



### 3.2 Силевий розрахунок приводу головного руху

Вихідними даними для проведення силового розрахунку приводу головного руху є потужність двигуна приводу та величина крутного моменту, який передає найбільш навантажений вал.

Розрахуємо значення сили  $P_z$ , яка, як відомо, формує навантаження на всіх елементах кінематичного ланцюга приводу головного руху. Саме на подолання буде витратитись основна потужність різання.

Розрахунок сили різання здійснимо за виразом [15]:

$$P_{z,x,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.15)$$

Значення сили різання  $P_z$  при обробці сталей ми здійснили в попередньому розділі, тому проведемо розрахунок складової сили різання  $P_z$  для обробки сталі та чавуну.

Розрахункові коефіцієнти для обробки чавуну:  $C_p = 81$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$

Розрахункові коефіцієнти для обробки сталі:  $C_p = 200$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$

Отримані розрахункові значення  $P_z$ :

- для сталі  $P_z = 6000$  Н;
- для чавуну  $P_z = 2430$  Н.

На наступному кроці здійснимо розрахунок величини крутного моменту на валах проектного приводу. Крутний момент найбільш навантаженого валу визначаємо за формулою [16]:

$$M_{кр.шп} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 10^3} \quad (3.16)$$

Здійснивши відповідні підстановки отримаємо:

$$M_{кр.шп} = \frac{6000 \cdot 400}{2 \cdot 10^3} = 1200 \text{ Нм}$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 32   |

Тоді визначимо значення крутних моментів на I та II валах, при цьому враховуємо отримані раніше значення передаточних коефіцієнтів:

$$M_{кр.2} = M_{кр.шп} \cdot i_{пас} \quad (3.17)$$

$$M_{кр.1} = M_{кр.2} \cdot i_{зп}$$

Підставивши значення передаточного відношення отримаємо:

$$M_{кр.2} = 1200 \cdot 0,54 = 648 \text{ Нм}$$

$$M_{кр.1} = 648 \cdot 0,25 = 162 \text{ Нм}$$

На основі отриманих результатів проводимо розрахунок модуля зубчатих коліс.

Для цього в програмі Microsoft Excel розроблено розрахункові блоки, які дозволяють послідовно провести розрахунок зубчастої передачі.

На рис. 3.4 приведено розрахунок міжосьової відстані для першої пари коліс.

| Блок  | Міжосьова відстань |  |       |      |
|---|--------------------|--|-------|------|
| Допустима контактна напруга   |                    | [σ <sub>н</sub> ]  | Мпа   | 640  |
| Прийняте передаточне відношення   |                    | u  |       | 4    |
| Крутний момент на валу шестерні   |                    | T <sub>1</sub>   | кН мм | 648  |
| Крутний момент на валу колеса   |                    | T <sub>2</sub>   | кН мм | 162  |
| прийнятий коефіцієнт  |                    | K <sub>нв</sub>  |       | 1,25 |
| коєф. ширини вінця по міжосьовій відстані (рекоменд. - 0,25)                      |                    | Ψ <sub>ba</sub>  |       | 0,25 |
| Розрахункова міжосьова відстань   | 123,28 мм          |  |       |      |
| $a_w = K_a (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{нв}}{[\sigma_n]^2 u^2 \Psi_{ba}}}$ |                    | Найближче значення міжосьової відстані (за ДСТУ, прийняте) |       |      |
|   |                    | 125 мм   |       |      |

Рис. 3.4. Розрахунок міжосьової відстані

На рис. 3.5 приведено розрахунок стандартного колового модуля.

| Блок                         | Стандартний коловий модуль, мм |                  |      |
|------------------------------|--------------------------------|------------------|------|
| $m_t = (0,01 \div 0,02) a_w$ |                                | Значення         |      |
|                              |                                | Допустиме min    | 1,25 |
|                              |                                | Допустиме max    | 2,5  |
|                              |                                | Прийняте за ДСТУ | 2,5  |

Рис. 3.5. Розрахунок стандартного колового модуля

Далі розраховуємо кількість зубів у передачі (рис. 3.6)

| Блок                            | Кількість зубів            |                            |                        |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| Прийняте передаточне відношення | $u$                        |                            | 4                      |
| Прийнята міжстосова відстань    | $a_w$                      | мм                         | 125                    |
| Прийнятий модуль зачеплення     | $m_t$                      |                            | 2,5                    |
| Сумарна кількість зубів         | $z_\Sigma = 2a_w/m_t$      |                            | 100                    |
| Кількість зубів шестерні        | $z_1 = z_\Sigma / (u + 1)$ | Кількість зубів колеса     | $z_2 = z_\Sigma - z_1$ |
| розрахункове                    | 20,00                      | розрахункове               | 80                     |
| прийняте                        | 20                         | прийняте                   | 80                     |
| Уточнене передаточне відношення | $u = z_2/z_1$              | Відхилення від заданого, % | 0,00                   |
|                                 | 4,000                      |                            |                        |

Рис. 3.6. Розрахунок кількості зубів у передачі

На наступному кроці розраховуємо діаметри колеса та шестерні (рис. 3.7).

| Блок              | Діаметри |                             |          |        |                       |
|-------------------|----------|-----------------------------|----------|--------|-----------------------|
| Діаметри ділильні |          | Діаметри вершин зубів       |          |        |                       |
| Шестерня          | 50 мм    | $d_1 = m_t z_1$             | Шестерня | 55 мм  | $d_{a1} = d_1 + 2m_t$ |
| Колесо            | 200 мм   | $d_2 = m_t z_2$             | Колесо   | 205 мм | $d_{a2} = d_2 + 2m_t$ |
| перевірка         | 125 мм   | $a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}$ |          |        |                       |

Рис. 3.7. Розрахунок діаметрів коліс у передачі

В наступному блоці здійснимо розрахунок ширини зубчастого колеса та шестерні, результат приведено на рис. 3.8.

| Блок     | Інші параметри |                                  |                           |                       |
|----------|----------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Ширина   |                | Коф. ширини шестерні по діаметру |                           |                       |
| Шестерня | 36,25 мм       | $b_1 = b_2 + 5$                  | 0,725 мм                  | $\psi_{bd} = b_1/d_1$ |
| Колесо   | 31,25 мм       | $b_2 = \psi_{ba} a_w$            | Кутова швидкість шестерні | 101,5 рад/с           |
|          |                |                                  | Колова швидкість шестерні | 2,54 м/с              |
|          |                |                                  | $v = \omega_1 d_1 / 2$    |                       |

Рис. 3.8. Розрахунок ширини шестерні та колеса

Далі проведемо перевірку на контактні напруги (див. рис. 3.9).

|   |   |   |
|---|---|---|
| Блок  | Перевірка контактних напруг             |   |
| Коеф.   | $K_{\Sigma\beta}$                       | 1,155   |
| Коеф.   | $K_{\Sigma\alpha}$                      | 1,08  |
| Коеф.   | $K_{\Sigma\nu}$                         | 1   |
| Коеф. Навантаження  | $K_H = K_{H\beta} K_{H\alpha} K_{H\nu}$ | 1,247   |
| Контактне напруження  | 557,42 Мпа                              | Допустима контактна напруга [σ <sub>н</sub> ] 640 Мпа |
| $\sigma_H = \frac{310}{a_w} \sqrt{\frac{T_2 K_H (u+1)^3}{b_2 u^2}}$ |   | умова $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ Виконана             |
|   | 557,42                                  | =< 640  |

Рис. 3.9. Перевірка контактних напружень

Наступним блоком розраховуємо сили в зачепленні (рис. 3.10)

|  |                                     |            |                          |                   |
|--|-------------------------------------|------------|--------------------------|-------------------|
| Блок   | Сили в зачепленні                   |            | еквівалентне число зубів |                   |
| Сили   |                                     |            | Шестерні                 | $Z_{u1} = Z_1$ 20 |
| колова   | $F_t = 2T_1 / d_1$                  | 25920,00 Н | Колеса                   | $Z_{u2} = Z_2$ 80 |
| радіальна  | $F_r = F_t \cdot \text{tg}20^\circ$ | 9434,11 Н  |                          |                   |
| Прийняті значення коеф. форми зуба (залежать від еквів. числа зубів) |                                     |            |                          |                   |
| Y <sub>F1</sub>  |                                     | 4,00       |                          |                   |
| Y <sub>F2</sub>  |                                     | 3,60       |                          |                   |

Рис. 3.10. Розрахунок сил в зачепленні

Заключним етапом є перевірка згинних напружень (див. рис. 3.11).

|  |  |  |
|--|--|--|
| Блок   | Допустима напруга згину  |  |
| границі витривалості, коеф. Безпеки матеріалів шестерні і колеса |  |  |
| Границя  | $\sigma_{Flimb}^0$   | Шестерня (1) 415 Мпа<br>Колесо (2) 360 Мпа           |
| коеф.  | [S <sub>F</sub> ]  | 1,75 1,75  |
| коеф.  | [S <sub>F</sub> ] <sup>''</sup>  | 1 1  |
| коеф.  | [S <sub>F</sub> ]=[S <sub>F</sub> ] <sup>''</sup> [S <sub>F</sub> ] <sup>'''</sup> | 1,75 1,75  |
| коеф.  | [Y <sub>F</sub> ]  | 4,00 3,60  |
| Допустимі напруги  |  |  |
| $[\sigma_F] = \sigma_{Flimb}^0 / [S_F]$                          |  | Шестерня (1) 237,14 Мпа<br>Колесо (2) 205,71 Мпа     |
| відношення   | [σ <sub>F</sub> ]/Y <sub>F</sub>   | 59,29 КОЛЕСА<br>оскільки відповідне відношення менше |

Рис. 3.11. Розрахунок згинних напружень

### 3.3. Розрахунок ходового гвинта верстату

Даний розрахунок передбачає визначення тягового зусилля на гвинті:

$$Q = P_y + F_{mp} \quad (3.18)$$

де  $P_y$  – величина прикладеної сили, Н

$F_{mp}$  – сила тертя, Н

$$F_{mp} = (G + P_z) \cdot f_{mp} \quad (3.19)$$

де  $G$  – вага вузла, приймаємо  $G = 100\text{кг} = 1000\text{Н}$

$f_{mp}$  – величина коефіцієнту тертя,  $f_{mp} = 0,3$ .

$$F_{mp} = (1000 + 3529.1) \times 0.3 = 1358.8 \text{ Н}$$

$$Q = 1411,64 + 1358.8 = 2770,4 \text{ Н}$$

В таблиці 3.2. приведені вихідні дані для подальшого розрахунку.

Таблиця 3.2 – вихідні дані для розрахунку

| Маса рухомого вузла, кг | Довжина гвинта, мм | Робоча довжина гвинта, мм | Осьова сила, Н | Частота обертання гвинта, м/хв | Швидкість холостого ходу |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|
| 100                     | 900                | 800                       | 2417.6         | 27                             | 3                        |

Ходовий гвинт перевіряємо на стійкість за формулою Ейлера:

$$d_0 \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot Q \cdot (\mu \cdot l)^2}{\pi^3 \cdot E}} \quad (3.20)$$

В таблиці 3.3 приведені основні параметри ходового гвинта.

Таблиця 3.3 - Параметри ходового гвинта

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 36   |

| $d_0$ , мм | $P$ , мм | $d_1$ , мм | $r_1$ , мм | $d_{KB}$ , мм | $d_{HB}$ | $d_{KT}$ |
|------------|----------|------------|------------|---------------|----------|----------|
| 40         | 10       | 6          | 1.75       | 37.53         | 47.9     | 54.95    |

Після підстановки отримаємо:

$$d_0 \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 2770,4 \cdot (0,5 \cdot 800)^2}{3,14^3 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 8,2 \text{ мм}$$

Перевіряємо гвинт по критичній частоті обертання. Розрахунок проводиться по максимальній швидкості холостого ходу:

$$d_0 = 10^{-7} \cdot \mu l^2 \cdot n_B \quad (3.21)$$

Коефіцієнт  $n_B$ , розрахуємо за виразом:

$$n_B = KVx \cdot \left(\frac{1000}{t}\right) \quad (3.22)$$

де  $t$  – крок гвинта, приймаємо  $t = 10$ .

$$n_B = 1,25 \cdot 5 \cdot \left(\frac{1000}{10}\right) = 625 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо кількість кульок в кожному витку різьби гвинта:

$$z_i = \frac{3\pi \cdot d_0}{d_1} - 5 \quad (3.23)$$

Після підстановки отримаємо:

$$z_i = \frac{3,14 \cdot 40}{6} - 5 = 15,9 \approx 16$$

Обчислюємо число кульок в гайці:

$$z = h \cdot z_1 \quad (3.24)$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 37   |

Отримаємо:  $z = 5 \cdot 16 = 80$  шт.

Визначаємо допустиме статичне навантаження:

– на кульку:

$$F_{\text{см}} = 20 \cdot d_1^2 \quad (3.25)$$

-на гвинт:

$$[Q_{\text{см}}] = z_p [F_{\text{см}}] \cdot \sin 45 \cdot \cos \beta \quad (3.26)$$

Після підстановки відповідно отримаємо:

$$F_{\text{см}} = 20 \cdot 6^2 = 720 \text{ Н}$$

$$[Q_{\text{см}}] = 0,7 \cdot 80 \cdot 720 \cdot \sin 45 \cdot \cos 4,5$$

Обчислимо кут підйому гвинтової лінії:

$$\text{tg} \beta = \frac{t}{\pi \cdot d_0} \quad (3.27)$$

Після підстановки отримаємо:  $\text{tg} \beta = \frac{10}{3,14 \cdot 40} = 0,079$

$$\beta = \text{arctg} 0,076 = 4,5$$

Проведемо розрахунок гвинта на довговічність по втомі поверхневих шарів:

$$K = 0,9 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot Tn \cdot Ci}{10^7}} \cdot 0,9 \quad (3.28)$$

Величину  $Ci$  визначаємо із залежності:

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 38   |

$$C_i = 0,5 \cdot Z_i \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_0} \cdot \cos 45\right) \quad (3.29)$$

Після підстановки отримаємо:  $C_i = 0,5 \cdot 16 \cdot (1 + 0,07 \cdot \cos 45) = 8,3$

$$K = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 5000 \cdot 13,5 \cdot 8,3}{10^7}} = 1,3$$

Величину  $[Q_g]$  визначаємо із залежності:

$$[Q_g] = \frac{[Q_{cm}]}{K} \quad (3.30)$$

Її числове значення буде становити:  $[Q_g] = \frac{28422}{1,3} = 21863,5 \text{ Н}$

Допустиме значення  $[F_g]$  обчислимо із виразу:

$$[F_g] = \frac{[F_{cm}]}{K} \quad (3.31)$$

Її числове значення буде становити:  $[F_g] = \frac{720}{1,3} = 553 \text{ Н}$

Розраховуємо мінімальну та максимальну сили попереднього натягу:

$$F_{M \min F} = \frac{0,5 \cdot Q}{Z_p \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta} \quad (3.32)$$

$$F_{M \max F} = [F_g] \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot Q}{[Q_g]}\right) \quad (3.33)$$

В результаті розрахунків отримаємо:

$$F_{M \min F} = \frac{0,5 \cdot 2770,4}{0,7 \cdot 80 \cdot \sin 45 \cdot \cos 4,3} = 30,8 \text{ Н}$$

$$F_{M \max F} = 553 \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot 2770,4}{21863,5}\right) = 517,9 \text{ Н}$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 39   |



Визначаємо допустиму осьову силу з урахуванням натягу:

$$[Q]_{\text{H}} = [Q_g] \cdot \frac{[F_g] - F_{\text{M max}F}}{0,55 \cdot [F_g]} \quad (3.34)$$

В результаті обчислень отримаємо:

$$[Q]_{\text{H}} = 21863 \cdot \frac{553 - 517,9}{0,55 \cdot 553} = 2523,2 \text{ Н}$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$[Q]_{\text{H}} > Q \quad (3.35)$$

Оскільки  $2770,4 > 2523,2$ , то умова виконується.

Виконуємо розрахунок стосовно осьового зближення двох гайок, необхідних для створення натягу:

$$S_{\text{H}} = 6 \sqrt[3]{\frac{F_{\text{M max}F}^2}{100 \cdot d_1}} \quad (3.36)$$

$$\text{Отримаємо: } S_{\text{H}} = 6 \sqrt[3]{\frac{517,9^2}{100 \cdot 6}} = 45,87 \text{ мкм}$$

Наступним кроком розраховуємо передачу на жорсткість. Діаметр гвинта залежить від жорсткості приводу і його елементів:

$$J_{\text{В}} = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot E}{4 \cdot l} \quad (3.37)$$

Розрахункове значення буде становити:

$$J_{\text{В}} = \frac{3,14 \cdot 40^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{4 \cdot 800} = 314000 \frac{1}{\text{мкм}}$$

Проведемо розрахунок  $I_{\text{M min}}$  та  $I_{\text{M max}}$ , вони обчислюються за виразами:

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 40   |

$$I_{M \min} = 6 \cdot K_n \cdot I_e \cdot l \cdot \left( \frac{d_0}{t} - 1 \right) \cdot \left( \frac{F_{M \min F} \cdot d_1}{10} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.38)$$

$$I_{M \max} = 6 \cdot K_n \cdot I_e \cdot l \cdot \left( \frac{d_0}{t} - 1 \right) \cdot \left( \frac{F_{M \max F} \cdot d_1}{10} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.39)$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$I_{M \min} = 6 \cdot 0,3 \cdot 800 \cdot \left( \frac{40}{6} - 1 \right) \cdot \left( \frac{30,8 \cdot 6}{10} \right)^{\frac{1}{3}} = 21573,6$$

$$I_{M \max} = 6 \cdot 0,3 \cdot 800 \cdot \left( \frac{40}{6} - 1 \right) \cdot \left( \frac{559,4 \cdot 6}{10} \right)^{\frac{1}{3}} = 55145,1$$

Розрахуємо величину  $J_n$ , для цього скористаємось виразом:

$$J_n = l_0 \cdot d_0 \quad (3.39)$$

В результаті обчислення отримаємо:  $J_n = 5 \cdot 40 = 200$

Далі визначаємо контактну жорсткість:

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{J_B} + \frac{1}{J_M} + \frac{1}{J_n} \quad (3.40)$$

В результаті підстановки отримаємо:

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{21573,6} + \frac{1}{55145,1} + \frac{1}{200} = \frac{1}{76918,7}$$

Визначаємо осьове зближення гайки щодо гвинта в результаті контактної деформації при Q:

$$\delta = \frac{1,4}{\sqrt[3]{d_1 \cdot F_{M \max F}}} - \frac{Q}{Z_{\text{роз}}} \quad (3.41)$$

Його розрахункове значення буде становити:

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 41   |

$$\delta = \frac{1,4}{\sqrt[3]{6 \cdot 517,4}} - \frac{2770,4}{80} = -34,6 \text{ мкм}$$

$$z_p = Z_p \sqrt{\frac{Q}{[Q]_H}} = 0,7 * 80 \sqrt{\frac{2770,4}{2523,2}} = 58,6$$

Обчислюємо коефіцієнт корисної дії:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{f_k}{r_1 \cdot \sin 45} \quad (3.42)$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{0,001}{1,75 \cdot 0,707} = 0,0008$$

Тоді звідси:  $\rho = \operatorname{arctg} 0,0008 = 0,045$

Далі обчислюємо  $n_B$ , для цього використовуємо вираз:

$$n_B = \frac{4,5}{\operatorname{tg}(4,5 + 0,0045)} = 0,99$$

Визначаємо момент холостого ходу:

$$M_X = Z_p \cdot F_n \cdot \sin \alpha \cdot [\sin(\beta + \rho) - \sin(\beta - \rho)] \cdot \frac{d_{KB}}{2} \quad (3.43)$$

Підставимо числові значення в даний вираз та отримаємо:

$$M_X = 0,7 \cdot 80 \cdot 517,9 \cdot \sin 4,5 [\sin 4,545 - \sin 4,455] \cdot \frac{37,53}{2} = 602,6 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Далі вибираємо двигун до привода подач:

$$M_\partial = \frac{Q \cdot t}{2 \cdot \pi} + M_{XX} \quad (3.44)$$

$$M_\partial = \frac{2770,4 \cdot 10}{2 \cdot 3,14} + 602,6 = 5014 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 5,014 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 42   |

Вибираємо тяговий двигун  $Z = 200$ :

$$f_{max} = \frac{n_{Bmax}}{60} \cdot Z \quad (3.45)$$

$$f_{max} = \frac{1250}{60} \cdot 200 = 2083 \text{ Гц}$$

Вибираємо кроковий двигун фірми «Refit» SM86HT156 з параметрами:

- Крок - 1,8;
- напруга - 3,5 V;
- Струм - 6,2A;
- Момент 12,2 - Нм.

Загальний вигляд двигуна та його розміри приведені на рис. 3.12.

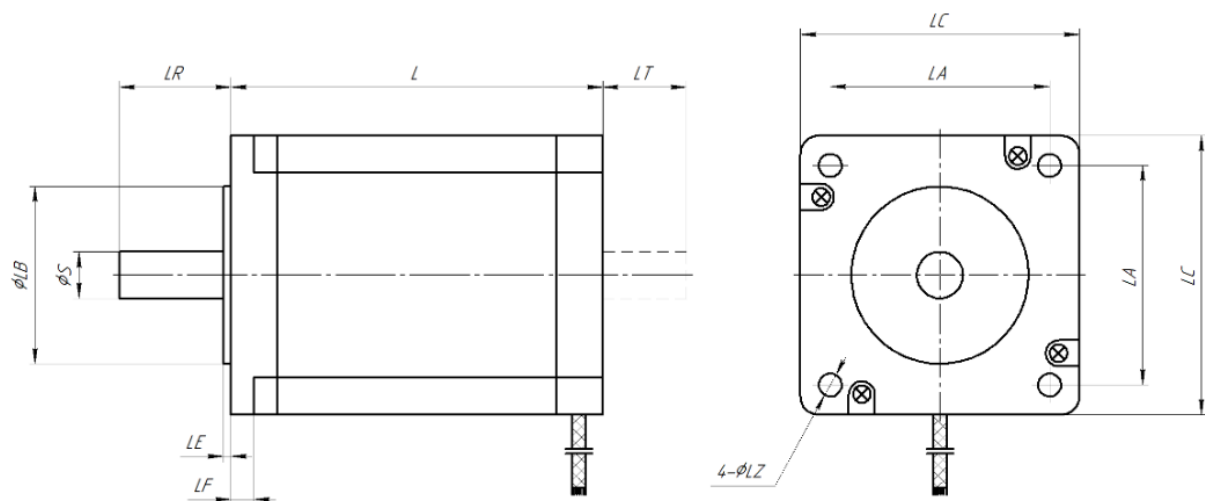


Рис. 3.12. Основні розміри крокового двигуна

Габаритні розміри:

$LC = \varnothing 85,75 \text{ мм}$ ;  $LB = \varnothing 73 \text{ мм}$ ;  $L = 156 \text{ мм}$ ;  $LA = 69,5 \text{ мм}$ ;  $LE = 1,6 \text{ мм}$ ;

$LR = 31,75 \text{ мм}$ ;  $LF = 9,5 \text{ мм}$ ;  $LZ = 6,5 \text{ мм}$ ;  $S = \varnothing 15,875 \text{ мм}$ .

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 43   |

На рис. 3.13. приведено конструкцію розробленої передачі гвинт-гайка.

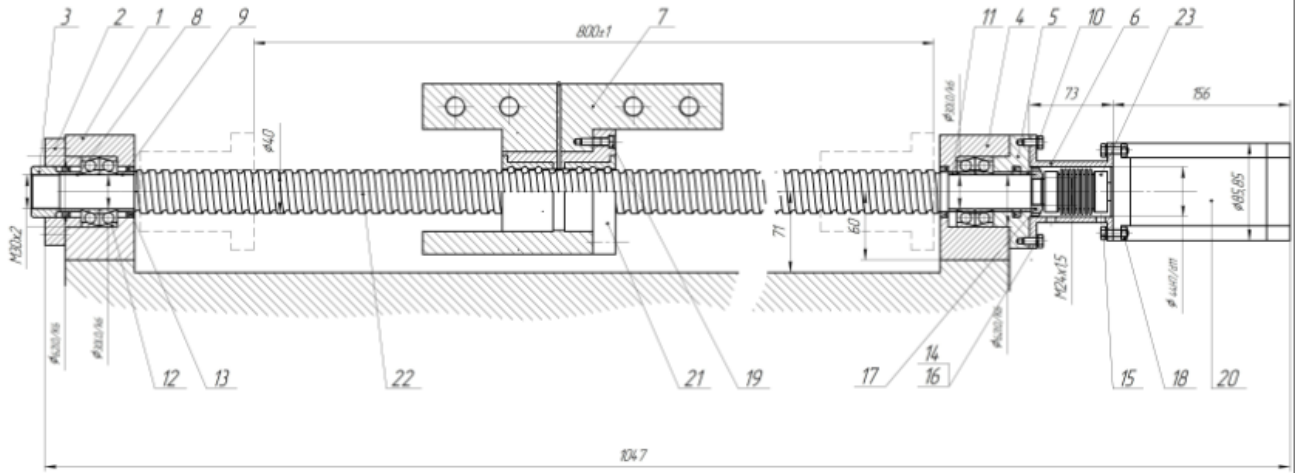


Рис. 3.13. Розроблена передача гвинт-гайка

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 44   |

## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Небезпеки при роботі на токарних верстатах

До верстатів токарної групи відносяться: автомати і напівавтомати токарні одношпиндельні та багатошпиндельні; верстати токарно-револьверні; різетокарні; токарно-затилувальні; токарно-карусельні; токарно-гвинторізні; токарні спеціальні і спеціалізовані.

Обробка різних матеріалів на верстатах токарської групи є найбільш розповсюдженим способом одержання точних розмірів і форм деталей машин і приладів типу тіл обертання. Верстати токарської групи складають близько 30% усього парку металообробних верстатів. Вивчення виробничого травматизму показує, що серед великого числа верстатів токарської групи найбільшої уваги з погляду безпеки праці вимагають токарно-гвинторізні, токарно-револьверні й інші головним чином універсальні верстати.

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами при роботі на токарних верстатах є стружка і пил, ріжучі інструменти, рухомі елементи верстату, шум, створюваний прутками, що обертаються.

Особливу небезпеку має стружка, яка може спричинити травмування. Зливна стружка утворюється при точінні в'язких матеріалів, вона може призвести до порізу рук і ніг токарів і прибиральників. Небезпечною також є подріблена стружка, яка утворюється при обробці крихких матеріалів (латуні, бронзи, чавуну). В процесі дроблення зливної стружки її частинки можуть розлітатися на відстань 3—5 м при температурі 400—600°C, що несе небезпеку для очей та може спричинити опіки шкіри рук та обличчя [17].

|  |           |          |        |      |   |      |         |
|--|-----------|----------|--------|------|---|------|---------|
|  |           |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>               |      |         |
| Зм.  | Арк.      | № докум. | Підпис | Дата |   |      |         |
| Розроб.  | Говоруха  |          |        |      | Літ.  | Арк. | Аркушів |
| Перевір.   | Буховець  |          |        |      |   | 45   | 7       |
| Реценз.  |           |          |        |      | <b>ТНТУ ім. І. Пулюя<br/>гр. МВЗ-41, м.</b> |      |         |
| Н. Контр.  | Кобельник |          |        |      |   |      |         |
| Затверд.   | Кобельник |          |        |      |   |      |         |
| <b>БЕЗПЕКА<br/>ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ<br/>ТА ОСНОВИ</b> |           |          |        |      |   |      |         |

Для запобігання травмування зливною стружкою, застосовують різні пристрої для її завивання і дроблення. Зливну стружку можна також відводити в приймач стружки без зміни форми. При цьому необхідно періодично за допомогою крюків її підправляти. Приймачі стружки звільняються вручну або шнековими транспортерами.

В якості засобів захисту від стружки, що відлітає, застосовують огороження зони різання захисними екранами, системи видалення стружки та пилу від ріжучих інструментів, використовують захисні окуляри і щитки.

Токарні верстати, на яких відбувається обробка різанням з утворенням великої кількості пилу і дрібною стружки, повинні мати різні пиловідсмоктуючі пристрої у виді парасолів. Їх розташовують над зоною різання і приєднують до індивідуальних чи групових вентиляційних установок, які працюють на пиловловлювання.

Основним захисним пристосуванням від стружки є окуляри. Захисні окуляри служать для захисту очей від ушкоджень частками твердих тіл, що летять попереду, знизу і збоку. Ці окуляри постачені фігурними боковинами, що відкидаються. Вони рекомендуються для верстатників різних професій.

При роботі на токарних верстатах використовують захисні екрани, які виконуються у формі металевих рамок з вставленими листами зі сталініту.

При обробці магнієвих сплавів стружка, спилки і пил можуть спалахувати. Тому у випадку застосування пневматичних систем видалення пилу і стружки заборонені до використання, оскільки може виникати небезпека пожежі через можливість утворення іскор і статичних зарядів. Електроустаткування таких пневматичних систем повинне мати вибухозахист.

Важливою умовою безпеки при роботі твердосплавним інструментом є дотримання встановлених режимів різання, оскільки твердосплавні пластини можуть руйнуватися і наносити травми. Але не менш важливим є вимикання верстата в наступному порядку: спочатку відключають подачу, а потім — обертання шпинделя.

Також травмування може викликатись деталями кулачкових та повідкових патронів, хомутів та ін. Найбільше часто для кріплення заготовок на токарних

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 46   |

верстатах застосовують кулачкові патрони. Кулачки не повинні виходити за межі циліндричної поверхні корпусу, але при обробці заготовок великих діаметрів ця вимога безпеки часто порушується.

Надзвичайно небезпечно знімати задирки напилком поблизу патрона. У таких випадках варто застосовувати захисне огородження патрона, зблоковане з обертанням шпинделя. Поки огородження відкрите, верстат не включається. При закріпленні заготовок у кулачковому патроні причиною травм може стати забутий у патроні ключ. Для усунення цієї причини травмування застосовують ключ, принцип роботи якого передбачає використання підпружиненого гнізда. При натисканні на нього вставка ключа входить у гніздо патрона, при знятті зусилля пружина виштовхує ключ.

Умовою безпечної роботи повідкових пристосувань є їх гладка циліндрична поверхня. Сучасні прецизійні верстати поставляються з повідковими патронами.

Для безпечного закріплення деталей використовують цанговий затиск, який встановлюють на місце кулачкового патрону. Конструкція цангового затиску дозволяє без зупинки верстата рухом рукоятки затискати і звільняти деталь, оскільки швидкість обертання цанги при цьому дуже незначна. Усі обертові частини верстату, повинні бути захищені кожухом і пофарбовані в жовтий сигнальний колір.

Для кріплення деталей в цанговому патроні у випадку, якщо деталь довга і тонка (діаметром до 3 мм), використовують втулку-люнет, через яку проходить пруток. Різець закріплюється перед втулкою-люнетом, така конструкція виключає прогин деталі, зменшує деформацію та запобігає вириву деталі.

Обов'язковою умовою безпечної роботи на токарних верстатах у центрах є гарний стан центрів та центрових отворів, а також відповідність центрів, які використовуються вимогам роботи. Центрові отвори мають бути змащеними. При роботі на високих швидкостях необхідно використовувати тільки обертові центри. При цьому задня бабка повинна бути надійно закріплена. У випадку обробки в центрах тонких важких деталей для того щоб їх надійно закріпити, а також щоб одержати високу точність при обробці використовують нерухомі

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 47   |



люнети. Задній центр не має бути туго затягнутим, варто стежити за тим, щоб не виникали сильні вібрації.

Пускові та перемикаючі пристрої токарних верстатів повинні відповідати загальним вимогам, які висуваються до такого типу обладнання. Конструкції цих пристроїв повинні виключати можливість їх самовільного (випадкового) вимикання. Стосовно токарних верстатів це відноситься, насамперед, до механізмів блокування руху рукояток вмикання шпинделя. Ці рукоятки повинні мати надійну фіксацію в заданих положеннях. Якщо фіксатор ослабнув, необхідно негайно припинити роботу і сповістити про це майстра.

При роботі на токарних пруткових верстатах-автоматах довгі прутки захищають трубами. З метою усунення шуму труби виконують безшумними. Набули застосування мало шумні труби з поліетиленовими вкладишами. На

Обертові ходові гвинти і валики токарних верстатів можуть захопити одяг робітника, що може призвести до травми. Необхідно забезпечити їх огорожу захисними кожухами. Також треба дотримувати правила носіння спецодягу.

В усіх сучасних токарних верстатах передавальні механізми знаходяться всередині корпусів верстата і тому вони не є небезпечними. Відносно них запобіжні заходи передбачають регулярний огляд, перевірку на справність, змащування та регулювання, а після ремонту – встановлення механізмів на свої місця.

При роботі на токарно-карусельних верстатах планшайби обов'язково повинні мати огороження. У планшайбах також необхідно передбачити обмежувачі, що не допускають можливості вильоту затискних пристроїв. Пристрої, що затискають деталь, повинні мати тверді упори.

Сучасні верстати з ЧПК, автомати, прецизійні універсальні верстати мають захисні засоби з блокуючими пристроями. Вони не повинні обмежувати технологічні можливості верстата і не викликати незручності під час його роботи, обслуговування та налагодження. Крім того, кріплення захисних пристроїв мають бути надійним. На токарних верстатах цим вимогам повинні відповідати пускові і перемикаючі пристрої, а також рукоятки вмикання і вимикання.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 48   |

## 4.2 Шкідливі виробничі фактори

Величини параметрів мікроклімату, а саме температури, швидкості руху та вологості повітря робочої зони, змінюються в широкому інтервалі: від 15 до 30°C. Це часто призводить до створення несприятливих умов. Тривалий вплив на людину несприятливих метеорологічних умов різко погіршує самопочуття, знижує продуктивність праці і часто призводить до різних захворювань.

Шум знижує продуктивність праці, особливо при виконанні точних робіт, приховує небезпеку від рухомих механізмів, ускладнює розбірливість мови, призводить до професійної приглухуватості, а при великих рівнях шуму може привести до механічного пошкодження органів слуху. Спектри шуму більшості металорізальних верстатів мають середній і високочастотний характер. Загальний рівень звукового тиску фрезерного верстата знаходиться в межах від 90 до 100 дБ [18].

Характер впливу вібрації на людину залежить від діапазону частот коливань, напрямки їх дії, тривалості дії, виду вібрації. Систематичне вплив загальної вібрації у резонансній і близько резонансній зоні може бути причиною вібраційної хвороби. Це проявляється в стійких порушеннях фізіологічних функцій організму і зумовлене переважно впливом вібрації на центральну нервову систему.

При точінні бронзи, латуні, чавуну та інших крихких металів і сплавів відбувається утворення пилових частинок металу і забруднення ними повітряного середовища. Особливо велика запиленість повітря пилом розміром до 10 мкм спостерігається при фрезеруванні сірого чавуну, неметалевих матеріалів, таких як текстоліт, склотекстоліт, графіт, деревні пластики. При точінні свинцевих бронзових і латунних зміст металевого пилу в зоні дихання верстатника відносно невелика, проте кількість свинцю в пилу значно перевищує норму.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи. Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може призвести до розвитку пилових захворювань бронхолегеневого апарату – пневмоконіозу та

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 49   |

хронічного пилового бронхіту. Надзвичайно небезпечне вдихання пилу, газів, туману берилію та його сполук, приводить до захворювання бериліоз.

При точінні в повітря у вигляді пилу виділяються крихти металів і неметалічних матеріалів, тому важливу роль відіграє знепилювання робочої зони. В процесі обробки часто застосовують мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), тому на виробництві слід вживати заходів щодо попередження забруднення ними робочої зони верстату. Аерозолі нафтових масел, що входять до складу МОР, можуть викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

У робітників верстатників можуть виникати ряд захворювань шкіри (дерматози) від впливу мастильних матеріалів і охолодних масел і емульсій. Найбільш поширеними є алергічні дерматити та екземи. МОР можуть наносити організму шкоди при частому попаданні масла на відкриті ділянки шкіри, а також при тривалій роботі в одязі, який просочений мастилом. Небезпеки також можуть виникати при вдиханні масляного туману. Систематичний контакт з маслом може викликати гострі та хронічні захворювання шкіри, зокрема може виникати таке захворювання, як масляні вугрі.

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло займає одне з перших місць. Недостатня освітленість при напруженій зоровій роботі або часта преадаптація зору призводять до швидкого стомлення, виникнення головного болю, погіршення зору. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Недостатня освітленість зони обробки викликає перенапруження зору верстатника і необхідність надмірного наближення його до зони обробки, що пов'язано з небезпекою травмування. Збільшення освітленості від 100 до 1000 лк зумовлює підвищення продуктивності праці на 10 – 20%, зменшення браку на 20%, зниження кількості нещасних випадків на 30% [17].

Психофізіологічні фактори найчастіше виникають при невиконанні ергономічних вимог. У робітників-верстатників у результаті тривалого стояння розвивається виражене розширення вен на ногах, ускладнене запальними або

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 50   |

трофічними розладами. До виникнення цих захворювань призводять систематичне тривале статичне напруження м'язів, однотипні рухи, що виконуються в швидкому темпі, тиск на нервові стовбури і їх мікро травматизація.

Проведений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів дозволяє обґрунтувати вибір заходів і засобів щодо їх недопущення.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 51   |

## ВИСНОВКИ

В аналітичній частині кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз завдання щодо обробки деталі «вал-шестерня». Для отримання заготовки економічно доцільним є використання методу гарячого штампування. Аналіз базового технологічного процесу дозволив виявити в ньому певні недоліки, було здійснено підбір сучасного, більш продуктивного обладнання, а також різального інструменту.

Проведено аналіз основних публікацій, що стосуються обробки на верстатах з ЧПК, а також визначені основні фактори, що впливають на точність обробки на таких верстатах.

В технологічному розділі розроблено новий ТП обробки деталі «вал-шестерня», здійснено призначення основного обладнання на технологічні операції. Проведено розрахунок режимів різання для операції 010 Токарна з ЧПК та 040 Шпонково-фрезерна. Також для вказаних операцій здійснено підбір ріжучого інструменту.

В конструкторській частині здійснено розробку кінематичної схеми верстату. При цьому розраховані граничні частоти обертання шпиндельного вузла при обробці в найбільш важких режимах. Здійснено вибір електродвигуна для приводу головного руху, на верстаті буде використовуватись електродвигун типу 1PH7107 фірми «Siemens» потужністю  $P = 7,5$  кВт; з номінальною частотою обертання  $n_{ном} = 1500$  хв<sup>-1</sup>.

Здійснено розрахунок діапазону регулювання приводу, побудовано графік частот обертання, а також визначені передаточні відношення та числа зубів для проекрованої коробки приводу головного руху.

|           |      |                |        |      |  |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|---------|
|           |      |                |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>                                    |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |         |
| Розроб.   |      | Говоруха О.В.  |        |      | Літ.   | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Буховець В.М.  |        |      |  | 52   | 2       |
| Реценз.   |      |                |        |      | <b>ВИСНОВКИ</b><br>ТНТУ ім. І. Пулюя<br>гр. МВЗ-41, м. Тернопіль |      |         |
| Н. Контр. |      | Кобельник В.Р. |        |      |  |      |         |
| Затверд.  |      | Кобельник В.Р. |        |      |  |      |         |

Здійснено силовий розрахунок приводу головного руху. В програмі Microsoft Excel розроблено розрахункові блоки, які дозволяють послідовно провести розрахунок зубчастої передачі. Також проведено розрахунок ходового гвинта верстату.

В розділі безпека життєдіяльності та основи охорони праці розглянуті основні види небезпек, які виникають при роботі на токарних верстатах, а також запропоновані заходи щодо їх усунення.

Також здійснено аналіз шкідливих виробничих факторів та розглянуто який вплив вони мають на людину. Запропоновані заходи, що дозволяють покращити умови роботи працівників.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 53   |

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.
2. Кузнецов Ю. М., Склярів Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
3. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / В. Є. Карпусь, О. В. Котляр, В. О. Іванов.; за ред. В. Є. Карпуся. – Харків : НТМТ, 2012. – 296 с.
4. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CAD-systems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. – Режим доступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>
5. Марки сталі – розшифровка, маркування, таблиця [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://vseznyako.com.ua/marki-stali-rozshifrovka-markuvannja.html>.
6. Грінченко Г. С. АЛГОРИТМ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ / Грінченко Г. С., Теслов О., Козлов М. С., Марченко О. О., Захаров С. О., Герасимов Є. В., Машинобудування, 2022, №29. – С. 50-61. - Режим доступу до ресурсу: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/download/285/209>

|           |      |                |        |      |                             |   |  |      |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|-----------------------------|---|--|------|------|---------|
|           |      |                |        |      |                             | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b>                 |  |      |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата | <b>ПЕРЕЛІК<br/>ПОСИЛАНЬ</b> |   |  | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   |      | Говоруха О.В.  |        |      |                             |   |  | 1    | 1    | 2       |
| Перевір.  |      | Буховець В.М.  |        |      |                             |   |  |      |      |         |
| Реценз.   |      |                |        |      |                             |   |  |      |      |         |
| Н. Контр. |      | Кобельник В.Р. |        |      |                             |   |  |      |      |         |
| Затверд.  |      | Кобельник В.Р. |        |      |                             |   |  |      |      |         |
|           |      |                |        |      |                             | ТНТУ ім. І. Пулюя<br>гр. МВЗ-41, м. Тернопіль |  |      |      |         |

7. Луців І. В. Системи затиску та багатолезової токарної обробки з адаптивними властивостями/ І. В. Луців, В. Н. Волошин, В. М. Буховець // Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні». – Львів, 2020.– С. 117-120.

8. Луців І. Кінематичні особливості багатолезової адаптивної обробки/ І. В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1998, т.3, №4, с.107-111.

9. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.

10. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.

11. Калькулятор режимів різання "Walter" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mac.walter-tools.com/#menu/home>

12. Державки с клиновым прихватом для тригональных пластин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3601316&fnum=287&map=IS&app=44&GFSTYP=m&isoD=1&lang=HK#>.

13. ЕС-Н4М-СF-Е: Кінцеві твердосплавні 4-х канавочні фрези [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=3736&map=ML&app=69&GFSTYP=M&lang=HK>.

14. Розрахунок та конструювання коробок швидкостей металорізальних верстатів. Методичні вказівки до виконання лабораторних та розрахунково-графічної робіт з дисципліни «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів» для студентів за напрямом підготовки 133 – Галузеве машинобудування денної форми навчання / Укл.: Кальченко В. І., Кологойда А. В., Следнікова О. С. Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 111 с.

15. Булига Ю. В. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 67 с.

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 55   |



16. Дубиняк С. А., Нагорняк С. Г., Дубецький І. Д. Розрахунок передач, валів, муфт і тягових пристроїв металорізальних верстатів. Методичні рекомендації по курсовому та дипломному проектуванні МРВ для студентів спеціальності 0501 – Тернопіль. – 1981. – 62 с.

17. Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с.

18. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.

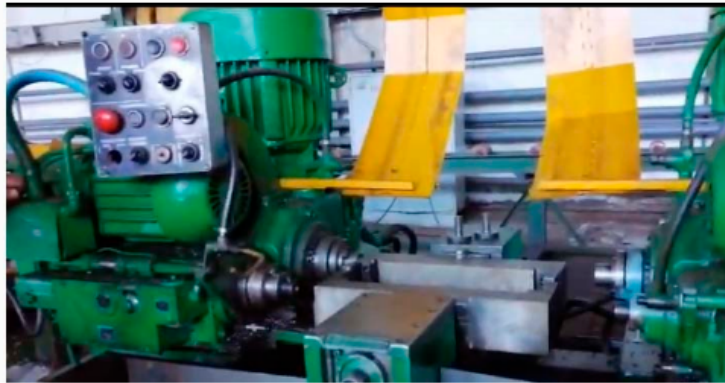
|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 56   |

# ДОДАТКИ

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 57   |

## ДОДАТОК А

### Загальний вигляд фрезерно-центрувального верстата МР-71м



### Технічні характеристики фрезерно-центрувального верстата МР-71м

| Найменування параметру                                   | МР-71М             |
|--|--------------------|
| <b>Основні параметри верстата</b>                        |                    |
| Клас точності верстата                                   | Н                  |
| Межі довжини оброблюваних деталей, мм:                   | 200..500           |
| Межі діаметрів деталей, що встановлюються в лещатах, мм: | 25..125            |
| Найбільше зусилля затиску деталі, Н                      |                    |
| Висота центрів над станиною, мм                          | 315                |
| Висота центрів над підлогою, мм                          | 1040               |
| <b>Свердильні головки</b>                                |                    |
| Найбільший поперечний загальний хід, мм                  | 220                |
| Кількість швидкостей фрезерного шпинделя: об/хв          | 6                  |
| Межі частот обертання фрезерного шпинделя: об/хв         | 125..712           |
| Межі подач фрезерного шпинделя, мм/хв.                   | 20..400            |
| Найбільший діаметр встановлюваної фрези, мм              | 90..160            |
| Прискорений хід поздовжній, м/хв.                        |                    |
| Прискорений перебіг хід, м/хв                            |                    |
| Діаметр та конус отвору під фрезу                        | Ø 69,85 7:24       |
| Найбільший діаметр фрезерування, мм                      |                    |
| <b>Свердильні головки</b>                                |                    |
| Хід пінолі свердильного шпинделя, мм                     |                    |
| Найбільший поперечний загальний хід, мм                  | 75                 |
| Кількість швидкостей свердильного шпинделя: об/хв        | 6                  |
| Межі частот обертання свердильного шпинделя: об/хв       | 238..1125          |
| Межі подач свердильного шпинделя, мм/хв.                 | 20..300            |
| Межі діаметрів установлюваних центрувань, мм             | 3 x 12<br>6 x 22   |
| Діаметр отвору під свердло, мм                           | 50                 |
| Найбільший діаметр свердління, мм                        |                    |
| <b>Електроустаткування. Привід</b>                       |                    |
| Живильна електромережа, В                                | 380±38             |
| Кількість електродвигунів на верстаті                    | 6                  |
| Електродвигун приводу фрезерних головок, кВт (об/хв)     | 7,5; 10 (1450)     |
| Електродвигун приводу свердильних головок, кВт (об/хв)   | 2,2; 3 (1430)      |
| Електродвигун приводу піднасосу, кВт (об/хв)             | 5,5 (970)          |
| Електродвигун приводу станції мастила, кВт (об/хв)       | -                  |
| Електродвигун насоса охолоджувальної рідини, кВт (об/хв) | 0,12 (2800)        |
| Електродвигун транспортера стружки, кВт (об/хв)          | -                  |
| Сумарна потужність встановлених електродвигунів, кВт     | 31,62              |
| <b>Габарити та маса верстата</b>                         |                    |
| Габарити верстата (довжина ширина висота), мм            | 3140 x 3790 x 4825 |
| Маса верстата, кг  | 6100               |

Рис. А.1. Загальний вигляд та технічні характеристики верстату МР-71М  
(операція 005 Фрезерно-центрувальна)

|      |      |          |        |      |                               |            |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------------|
|      |      |          |        |      | <b>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</b> | Арк.<br>58 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |            |

**Загальний вигляд токарного верстата з ЧПУ 16К20Ф3**



Фото токарного верстата 16к20ф3

**Технічні характеристики верстата 16К20ф3**

| Найменування параметру   | 16К20Ф3С32   |
|--|--|
| Позначення системи ЧПУ   | 2P22   |
| <b>Основні параметри верстата</b>  |  |
| Найбільший діаметр виробу, що обробляється над станиною, мм                                  | 400  |
| Найбільший діаметр виробу, що обробляється над супортом, мм.                                 | 220  |
| Діаметр отвору в шпинделі, мм  | 53   |
| Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм  | 1000   |
| Граничний діаметр свердління в сталі, мм   | 25   |
| Граничний діаметр свердління в чавуні, мм  | 28   |
| <b>Шпиндель</b>  |  |
| Потужність двигуна головного руху, кВт   | 11   |
| Кількість робочих швидкостей шпинделя  | 22   |
| Межі чисел оборотів шпинделя, об/хв  | 12,5..2000   |
| Кількість швидкостей, що автоматично перемикаються   | 9  |
| Діапазон автоматичного перемикання   | 16   |
| Діапазон швидкостей шпинделя, що встановлюється вручну, об/хв                                | Ряд I - 12,5..200<br>Ряд II - 50..800<br>Ряд III - 125..2000 |
| Центр шпинделя передньої бабки за ГОСТ 13214-67  | 7032 - 0043 Морзе №6   |
| Центр пінолі задньої бабки за ГОСТ 13214-67  | 7032 - 0045 Морзе №6   |
| Кінець шпинделя за ГОСТ 12593-72   | 6К   |
| <b>Подання</b>   |  |
| Найбільше переміщення супорта: поздовжнє/поперечне, мм                                       | 900/250  |
| Максимальна швидкість поздовжньої подачі при нарізуванні різьблення, мм/хв.                  | 2000   |
| Межі кроків різьб, що нарізаються, мм  | 0,1..39,999  |
| Діапазон швидкостей поздовжніх подач, мм/хв.   | 3..2000  |
| Діапазон швидкостей поперечних подач, мм/хв.   | 3..2000  |
| Швидкість швидких поздовжніх ходів, мм/хв.   | 7000   |
| Швидкість швидких поперечних ходів, мм/хв.   | 4000   |
| Дискретність поздовжнього переміщення  | 0,002  |
| Дискретність поперечного переміщення   | 0,002  |
| Висота різця, мм   | 25   |
| Кількість позицій на поворотній резацетримці (кількість інструментів у револьверній головці) | 6  |
| <b>Параметри системи ЧПУ</b>   |  |
| Позначення системи ЧПУ   | 2P22   |
| Число координат  | 2  |
| Кількість одночасно керованих координат  | 2  |
| Роздільна здатність у поздовжньому напрямку (дискретність завдання по осі Z), мм             | 0,001  |
| Роздільна здатність у поперечному напрямку (дискретність завдання по осі X), мм              | 0,001  |
| Тип датчика нульового положення  |  |
| Тип датчика зворотного зв'язку   | ПІД-620  |
| Тип різьбонарізного датчика  | ПІД-620  |
| Електродвигун головного приводу  | A02-52-4СП43, M301<br>4A132M443, M301                        |
| Потужність двигуна головного приводу, кВт  | 11   |
| Сумарна потужність електродвигунів, кВт  | 20   |
| Сумарна потужність верстата, кВт   | 22   |
| <b>Габарити та маса верстата</b>   |  |
| Маса верстата з ЧПУ, кг  | 5000   |

**Рис. А.2. Загальний вигляд та технічні характеристики верстату 16К20Ф3 (операція 010, 020, 025 Токарна з ЧПК)**

**Загальний вигляд верстата 5к324**



**Технічні характеристики зубофрезерного верстата 5к324**

| Найменування параметру   | 5к324                |
|--|----------------------|
| <b>Основні параметри верстата</b>  |                      |
| Найбільший модуль колеса, що нарізається, мм                                   | 8                    |
| Найбільший діаметр циліндричних прямозубих коліс, що нарізаються (0°), мм      | 500                  |
| Найбільший діаметр нарізаних циліндричних косозубих коліс (30°), мм            | 400                  |
| Найбільший діаметр нарізаних циліндричних косозубих коліс (45°), мм            | 300                  |
| Найбільший діаметр нарізаних циліндричних косозубих коліс (60°), мм            | 120...250            |
| Найбільший діаметр черв'ячних коліс, що нарізаються, мм                        | 500                  |
| Найбільша довжина вінця циліндричних прямозубих коліс, що нарізаються (0°), мм | 300                  |
| Найбільша довжина вінця нарізаних циліндричних косозубих коліс (30°), мм       | 200                  |
| Найбільша довжина вінця нарізаних циліндричних косозубих коліс (45°), мм       | 150                  |
| Найбільша довжина вінця нарізаних циліндричних косозубих коліс (60°), мм       | 130                  |
| Найменша кількість зубів, що нарізаються.                                      | 12                   |
| <b>Стіл</b>  |                      |
| Діаметр столу, мм  | 500                  |
| Відстань між осями столу та фрези, мм  | 60...350             |
| Відстань від площини столу та осі фрези, мм                                    | 210...570            |
| Прискорене переміщення столу, мм/хв.   | 170                  |
| Ручне переміщення столу за один оберт лімба, мм                                | 0,5                  |
| <b>Супорт</b>  |                      |
| Найбільше переміщення супорта, мм  | 360                  |
| Прискорене переміщення каретки супорта, мм/хв.                                 | 550                  |
| Найбільший діаметр ріжучого інструменту, мм                                    | 200                  |
| Найменша довжина ріжучого інструменту, мм                                      | 200                  |
| Діаметри фрезерних оправок, мм   | 32; 40               |
| Прискорене переміщення шпинделя вдовж осі, мм/хв.                              | 130                  |
| Відстань від осі шпинделя до направляючих супорта, мм                          | 319                  |
| Найбільший кут нахилу зубів колеса, що нарізається, град                       | ±60                  |
| Поворот супорта на один поділ шкали лінійки, град                              | 1°                   |
| Поворот супорта на один поділ шкали ноніуса, хв                                | 1'                   |
| Конусний отвір шпинделя  | Морзе 5              |
| Найбільше осьове переміщення фрези, мм   | 80                   |
| <b>Механіка верстата</b>   |                      |
| Межі оборотів фрези, об/хв   | 5...310              |
| Число ступенів оборотів фрези  | 9                    |
| Межі подовжніх подач, мм/про   | 0,8...5,0            |
| Межі радіальних подач, мм/про  | 0,3...1,7            |
| Межі тангенційних подач, мм/про  | 0,17...3,7           |
| Число ступенів подач   | 7                    |
| <b>Привід та електроустаткування верстата</b>                                  |                      |
| Електродвигун головного приводу, кВт/об/хв                                     | 7,5/ 1460            |
| Електродвигун прискореного ходу, кВт/об/хв                                     | 3/1430               |
| Електродвигун приводу гідронасосу, кВт/об/хв.                                  | 1,1/930              |
| Електродвигун насоса охолодження, кВт/об/хв.                                   | 0,15/ 2840           |
| <b>Габаритні розміри та маса верстата</b>                                      |                      |
| Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм                     | 2500<br>1440<br>2000 |
| Маса верстата з електрообладнанням та охолодженням, кг                         | 6400                 |

Рис. А.3. Загальний вигляд та технічні характеристики верстату 5К324 (операція 030 Зубофрезерна)

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 60   |

## Загальний вигляд вертикального консольно-фрезерного верстата 6Н11



### Технічні характеристики верстата 6Н11

| Найменування параметру   | 6Н11               |
|--|--------------------|
| <b>Основні параметри верстата</b>  |                    |
| Клас точності за ГОСТ 8-71 та ГОСТ 8-82                                      | Н                  |
| Розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм                        | 1000 x 250         |
| Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до столу                   | 30..380            |
| Найменша та найбільша відстань від осі шпинделя до столу                     | -                  |
| Відстань від осі шпинделя до хобота, мм                                      | -                  |
| Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямних стійки (виліт), мм      | 280                |
| <b>Робочий стіл</b>  |                    |
| Число Т-подібних пазіє Розміри Т-подібних пазіє                              | 3                  |
| Найбільше переміщення столу поздовжнє від руки/ від двигуна (вісь Х), мм     | 600/560            |
| Найбільше переміщення столу поперечне від руки/ двигуна (вісь Y), мм         | 200/190            |
| Найбільше переміщення вертикального столу від руки/ від двигуна (вісь Z), мм | 350/340            |
| Найбільший кут повороту столу, град  | ні                 |
| Ціна одного поділу шкали повороту столу, град                                | ні                 |
| Переміщення столу на один поділ лімба (поздовжнє, поперечне), мм             | 0,05               |
| Переміщення столу на один поділ лімба (вертикальне), мм                      | 0,025              |
| Переміщення столу на один оборот лімба поздовжнє та поперечне, мм            | 6                  |
| Переміщення столу на один оберт лімба вертикальне, мм                        | 3                  |
| <b>Шпіндель</b>  |                    |
| Частота обертання шпинделя, об/хв  | 65..1800           |
| Кількість швидкостей шпинделя  | 16                 |
| Ескіз кінця шпинделя   | ГОСТ 836-47        |
| Конус шпинделя   | 45                 |
| Найбільший допустимий момент, що крутить, на шпинделі Нм                     | 525                |
| <b>Механіка верстата</b>   |                    |
| Швидкий хід столу поздовжній (вісь Х), м/хв.                                 | 2,9                |
| Швидкий хід столу поперечний (вісь Y), м/хв.                                 | 2,3                |
| Швидкий хід столу вертикальний (вісь Z), м/хв.                               | 1,15               |
| Число ступенів робочих подач столу   | 16                 |
| Межі робочих подач. Поздовжніх (вісь Х), мм/хв                               | 35..980            |
| Межі робочих подач. Поперечних (вісь Y), мм/хв                               | 25..765            |
| Межі робочих подач. Вертикальних (вісь Z), мм/хв                             | 12..380            |
| Вимикаючі упори подачі (поздовжньої, поперечної, вертикальної)               | є                  |
| Блокування ручної та механічної подачі (поздовжньої)                         | ні                 |
| Блокування ручної та механічної подачі (поперечної, вертикальної)            | є                  |
| Гальмування шпинделя (муфта)   | є                  |
| Запобігання перевантаженню (муфти)   | є                  |
| <b>Привід</b>  |                    |
| Електродвигун приводу головного руху, кВт                                    | 4,5                |
| Електродвигун приводу подач, кВт   | 1,7                |
| Електронасос охолоджувальної рідини  | ПА-22              |
| Електродвигун насоса охолоджувальної рідини, кВт                             | 0,12               |
| Продуктивність насоса ССЖ, л/хв.   | 22                 |
| <b>Габарити та маса верстата</b>   |                    |
| Габарити верстата (довжина ширина висота), мм                                | 2060 x 1530 x 2300 |
| Маса верстата, кг  | 2100               |

Рис. А.4. Загальний вигляд та технічні характеристики верстату 6Н11  
(операція 035 Шпонково-фрезерна)

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 61   |

Загальний вигляд круглошліфувального верстата 3М153



Технічні характеристики верстата 3М153

| Найменування параметру   | 3М153                           |
|--|---------------------------------|
| <b>Основні параметри</b>   |                                 |
| Клас точності згідно з ГОСТ 8-82   | II                              |
| Найбільший діаметр виробу, що встановлюється, мм                                     | 140                             |
| Найбільша довжина виробу, що обробляється (РМД), мм                                  | 500                             |
| Діаметр шліфування, мм   |                                 |
| Найбільша довжина шліфування, мм   | 450                             |
| Рекомендований діаметр шліфування, мм  | 50                              |
| Найбільша рекомендована маса виробу, кг  | 20                              |
| Діаметр отвору, що шліфується, мм  | 90                              |
| Відстань від осі шпинделя передньої бабки до держала столу - висота центру, мм       | 90                              |
| Відстань від підстави верстата до осі виробу, мм                                     | 1080                            |
| <b>Стол верстата</b>   |                                 |
| Найбільша подорожка: переміщення столу взаємноіснуючі, мм                            | 500 / 500                       |
| Найменший від столу між управління, мм   |                                 |
| Ручне уповільнення/автоматичне переміщення столу за один оборот міховика, мм         | 1,2 / 14,27                     |
| Швидкість переміщення столу від підрозетими, м/хв                                    | 0,03...5                        |
| Найбільший кут повороту верньєрного столу за подвійною стрілкою, град                | 8,5°                            |
| Найбільший кут повороту верньєрного столу проти подвійної стрілки, град              | 8,5°                            |
| <b>Шліфувальна бабка</b>   |                                 |
| Найбільше переміщення шліфувальної бабки від міховика, мм                            | 100                             |
| Переміщення шліфувальної бабки щодо верньєр сванас, мм                               |                                 |
| Переміщення шліфувальної бабки під час швидкого підвдання, мм                        | 55                              |
| Поворот шліфувальної бабки, град   | -                               |
| Шліфувальне коло за ГОСТ 2424-87   | 350...500 x 83 x 203            |
| Діаметр кінця шліфувального шпинделя за ГОСТ 2523-87 (конусність 1:5), мм            | Ø 80                            |
| Частота обертання шпинделя зовнішнього шліфування, об/хв                             | 1920                            |
| Швидкість шліфувального кола - зовнішнього/внутрішнього, м/с                         | 35 / 50                         |
| Подача на діаметр - передня/задня подача з реверсування столу, мм                    |                                 |
| Швидкість прямої подачі, мм/хв   |                                 |
| Ціка подачу лямби позначеної подачі, мм  |                                 |
| Випередження переміщення шліфувальної бабки за один оборот міховика, мм              | 0,25                            |
| Випередження переміщення шліфувальної бабки на один поділ лямби, мм                  | 0,002                           |
| Випередження ручної подачі/подачі шліфувальної бабки, мм                             | 0,001                           |
| Випередження ходу автоматичної імпульсної подачі шліфувальної бабки, мм              | 0,002...0,080<br>через 0,002 мм |
| Швидкість швидкого настановного переміщення шліфувальної бабки, м/хв                 |                                 |
| Час швидкого настановного переміщення (підвдання та відвдання) шліфувальної бабки, з | 3                               |
| <b>Пристрій для внутрішнього шліфування</b>  |                                 |
| Найбільший діаметр заготовки, що встановлюється в патроні, мм                        | -                               |
| Найбільша довжина отвору, що шліфується, мм  | -                               |
| Діаметр внутрішнього шліфувальної головки, мм  | -                               |
| Число оборотів внутрішнього шліфувального шпинделя                                   | -                               |
| <b>Передня бабка (бабка виробу)</b>  |                                 |
| Частота обертання виробу (безупинності регулювання), об/хв                           | 55...900                        |
| Кут повороту у бік шліфувального круга, град   | -                               |
| Кут повороту убік від шліфувального круга, град                                      | -                               |
| Конус шпинделя передньої бабки за ГОСТ 2847-87                                       | Морзе 3                         |
| <b>Задня бабка</b>   |                                 |
| Випередження відвдання лівої задньої бабки від рули, мм                              | 30                              |
| Конус шпинделя лівої задньої бабки згідно з ГОСТ 2847-87                             | Морзе 3                         |
| <b>Питання та електроустаткування верстата</b>                                       |                                 |
| Кількість електропроводів на верстаті  | 8                               |
| Електропотужність шпинделя шліфувальної бабки, кВт (об/хв)                           | 7,5                             |
| Електропотужність внутрішнього шліфувального шпинделя, кВт                           | -                               |
| Електропотужність приводу виробу, кВт  | 0,7                             |
| Електропотужність насоса підрозетими, кВт (об/хв)                                    | 3,0                             |
| Електропотужність насоса системи змащення шпинделя, кВт                              | 0,25                            |
| Електропотужність насоса системи охолодження, кВт                                    | 0,15                            |
| Електропотужність магнітного сепаратора, кВт   | 0,12                            |
| Загальна потужність всіх електропроводів, кВт  |                                 |
| <b>Габаритні розміри та маса верстата</b>  |                                 |
| Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм                           | 2280 x 1920 x 1780              |
| Маса верстата з електрообладнанням та охолодженнями, кг                              | 4100                            |

Рис. А.5. Загальний вигляд та технічні характеристики верстату 3М153

(операція 040 Круглошліфувальна)

|      |      |          |        |      |                               |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ 21-466.00.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 62   |