

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
КОНІЧНОГО ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ СП63М.1Б.002**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41

Шумик Дмитро Олександрович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Самчук Людмила Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шумику Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки конічного валу-шестерні СП63М.1Б.002

Керівник роботи: Самчук Людмила Михайлівна

затвержені наказом вищого навчального закладу від «31» грудня 2024 р. № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «1» червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі вал-шестерня СП63М.1Б.002, базовий технологічний процес, нормативні дані

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

ВСТУП. 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА. 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА. 4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ. 5 ОХОРОНА ПРАЦІ. ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. ДОДАТКИ.

5. Перелік графічного матеріалу: Креслення деталі – 1 лист (ф.А1), креслення 3D моделі – 1 лист (ф.А3), креслення заготовки – 1 лист (ф.А2), КН – 1 лист та спеціального ріжучого інструмента – 1 лист (ф.А1), креслення плану дільниці – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою - 1 лист (ф.А1), креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання «4» лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | <i>Обґрунтування теми</i> | 5.03.2025р. | |
| 2 | <i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i> | 10.03.2025р. | |
| 3 | <i>Загальна частина.</i> | 11.03.2025 р. | |
| 4 | <i>Технологічна частина</i> | 18.04.2025 р. | |
| 5 | <i>Конструкторська частина</i> | 25.05.2025 р. | |
| 6 | <i>Проектування механічної ділянки</i> | 25.05.2025 р. | |
| 7 | <i>Охорона праці</i> | 27.05.2025 р. | |
| 8 | <i>Висновки та пропозиції</i> | 1.06.2025р. | |
| 9 | <i>Формування списку використаних джерел</i> | 1.06.2025р. | |
| 10 | <i>Формування додатків</i> | 2.06.2025р. | |
| 11 | <i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i> | 2.06.2025р. | |
| 12 | <i>Нормоконтроль</i> | 2.06.2025р. | |
| 13 | <i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i> | 2.06.2025р. | |
| 14 | <i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i> | 18.06.25р. | |
| | | | |

Здобувач вищої освіти

_____ (Шумик Д.О.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (Самчук Л.М.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шумик Д.О. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки конічного валу-шестерні СПБЗМ.1Б.002 Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 5 розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

Проведено аналіз конструкції та призначення валу-шестерні, вибрано заготовку, обґрунтовано вибір способу її отримання. Розроблено маршрутний технологічний процес, визначено режими різання, підібрано обладнання, оснащення, а також інструмент для кожної операції. Особливу увагу приділено забезпеченню міжопераційних розмірів та допусків, що гарантують необхідну точність і надійність роботи деталі в складі механізму.

Підібрано відповідне верстатне обладнання, технологічну оснастку та ріжучий інструмент, які гарантують стабільність обробки та підвищення продуктивності. Значну увагу приділено забезпеченню міжопераційних розмірів і допусків, які критично впливають на точність взаємного розташування поверхонь, а отже — на загальну надійність і працездатність деталі у складі механізму.

Ключові слова: заготовка, режим різання, технологічне оснащення, базування, допуски, припуски, міжопераційні розміри, вибір обладнання, маршрут обробки, зносостійкість, точність, передавальний механізм.

ABSTRACT

Shumyk D.O. Design of a section with the development of a technological process for machining a bevel gear shaft SP63M.1B.002 Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP " Applied Mechanics" specialty 131 Applied mechanics. Lutsk national technical university. Lutsk , 2025 .

Qualification work consists of an introduction, 5 sections, conclusions and proposals, list of used sources, applications .

The design and purpose of the gear shaft were analyzed, the workpiece was selected, the choice of the method of its production was justified. The route technological process was developed, cutting modes were determined, equipment, equipment, and tools were selected for each operation. Special attention was paid to ensuring inter-operational dimensions and tolerances that guarantee the necessary accuracy and reliability of the part in the mechanism. The calculation of technological time standards, the calculation of the production program, the selection of control and labor protection means.

Appropriate machine tools, technological equipment and cutting tools have been selected to guarantee processing stability and increase productivity. Considerable attention has been paid to ensuring inter-operational dimensions and tolerances, which critically affect the accuracy of the mutual arrangement of surfaces, and therefore the overall reliability and operability of the part in the mechanism.

Keywords: workpiece, cutting mode, technological equipment, basing, tolerances, allowances, interoperational dimensions, equipment selection, processing route, wear resistance, accuracy, transmission mechanism.

ЗМІСТ

| | СТ |
|--|----|
| Вступ..... | 7 |
| 1 Розділ 1. Загальна частина | 8 |
| 1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь..... | 9 |
| 1.2 Вибір методу одержання заготовки..... | 9 |
| 1.3 Вибір методу обробки поверхонь..... | 9 |
| 1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва..... | 9 |
| 2 Розділ 2. Технологічна частина..... | 20 |
| 2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі..... | 20 |
| 2.2 Вибір технологічних баз..... | 24 |
| 2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків..... | 24 |
| 2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання..... | 33 |
| 2.5 Нормування технологічного процесу..... | 40 |
| 3 Розділ 3. Конструкторська частина..... | 42 |
| 3.1 Проектування технологічного оснащення..... | 42 |
| 3.1.2 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми..... | 42 |
| 3.1.3 Силовий розрахунок параметрів приводу..... | 44 |
| 3.1.4 Розрахунок на точність..... | 44 |
| 3.1.5 Загальний опис конструкції, принцип дії..... | 45 |
| 3.2 Проектування контрольного пристрою..... | 46 |
| 3.2.1 Розрахунок на точність..... | 46 |
| 3.2.2 Загальний опис конструкції, принцип дії..... | 47 |
| 3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту..... | 47 |
| 4 Розділ 4. Проектування механічної дільниці..... | 50 |
| 4.1 Уточнення типу виробництва..... | 50 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.2 | Визначення кількості працівників на ділянці..... | 51 |
| 4.3 | Розрахунок виробничої площі ділянки | 52 |
| 4.4 | Розробка технологічного планування ділянки..... | 53 |
| 4.5 | Основні техніко-економічні показники ділянки..... | 54 |
| 5 | Розділ 5. Охорона праці..... | 55 |
| | Висновки та пропозиції..... | 57 |
| | Список використаних джерел..... | 59 |
| | Додатки..... | 61 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Сьогодні машинобудування є однією з найсильніших галузей національної економіки і гарантує високу якість і точність, особливо в частині механічної обробки деталей машин і виробів. Технічний прогрес і подальше зростання в усіх галузях економіки значною мірою залежать від розвитку машинобудування та його технологічної культури. Технологічні процеси розробляються відповідно до науково-технічного прогресу для виробництва нових процесів або для модернізації та вдосконалення існуючих.

Розроблені технологічні процеси повинні бути прогресивними і забезпечувати збільшення продуктивності праці, та зменшення трудових і матеріальних витрат на їх реалізацію, зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище. Технологічні процеси повинні відповідати екологічним вимогам та вимогам охорони праці та безпеки життєдіяльності. Розробка перспективних технологічних процесів повинна ґрунтуватися на результатах науково-дослідних, дослідно-конструкторських і дослідно-технологічних робіт, прогнозуванні нових методів обробки продукції та аналізі досвіду інших підприємств.

Відповідно до цих вимог, спроектований технологічний процес повинен повністю відповідати всім вимогам робочих креслень і технічних умов, забезпечуючи при цьому мінімальні трудові та виробничі витрати. Технологічні процеси виготовлення виробу повинні бути виконані в найкоротші терміни і з найменшими витратами, з максимальним використанням технічних можливостей виробничих потужностей.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Деталі такої форми і типу використовуються в редукторах для передачі крутного моменту. Цей компонент має кругові зуби, які покращують плавність роботи та подовжують термін служби вал-шестерні. «Вал-шестерня виготовляється з конструкційної легованої сталі 20ХН3А за ГОСТ 4543-91. Хімічний склад сталі 20ХН3А наведений в табл. 1.1.,а в табл. 1.2. наведені механічні характеристики деталі» [1].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20ХН3А

| C, % | Mn, % | Si, % | Cr, % | Ni, % |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| 0,17-0,24 | 0,3-0,6 | 0,17-0,37 | 0,6-0,9 | 2,75-3,15 |

Таблиця 1.2 – Механічні властивості і допустимі напруження виливки

| Межа міцності σ , МПа | Межа текучості σ , МПа | Відносне видовження σ , % | Упорна в'язкість кг,м/см ² | Твердість по Брінелю НВ |
|---------------------------------|----------------------------------|--|---|-------------------------------|
| 950 | 750 | 12 | 10 | 241 |

1.2. Вибір методу одержання заготовки

При виготовленні деталей використовувалась сталь 20Х. Тому найвигідніше використовувати штампування. «Розрахуємо витрати на два способи виготовлення заготовок - прокатку та кування. Вартість заготовки, отриманої штамповкою, визначається за формулою» [1]:

$$S_{заг.} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000},$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

«де C_i - базова вартість 1 т. заготовки, грн.;

$k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n$ - коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок» [1].

1.3. Вибір методу обробки поверхні

В корпусі вала є поверхні, до яких не висуваються високі вимоги, тому для них достатня лише чорнова стадія обробки. Загальне уточнення [3]:

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_d}, \quad (1.2)$$

«де:

T_z і T_d - допуски параметрів, що розглядаються відповідно для заготовки і деталі.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів використовуємо формулу»[3]:

$$n = \frac{\lg \varepsilon}{0,46}. \quad (1.3)$$

Наприклад, для даної деталі, яка має циліндричну внутрішню поверхню $\varnothing 62$ мм з допуском Н9.

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_d} = \frac{760}{74} = 10,27;$$

$$n = \frac{\lg 10,27}{0,46} = 2.$$

Після чорнової обробки точність покращилася з Н14 до Н11 (клас 3), а після чистової обробки - з Н11 до Н9 (клас 2), що цілком відповідає рекомендаціям щодо вибору методу обробки для досягнення економічної точності.

1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У ринковій економіці річний план виробництва визначається за такою формулою [3]:

$$N_{\text{зан.}} = N_{\text{вип.}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100}\right), \quad (1.4)$$

$$N_{\text{вип.}} = 75000 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{зан.}} = 75000 \cdot \left(1 + \frac{4}{100} + \frac{5}{100} + \frac{5}{100}\right) = 85500 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 \cdot \varphi_k \quad (1.5)$$

«де

φ_k – коефіцієнт, виробництва і методу обробки поверхні» [2].

005 Переміщення

1. Транспортувати заготовки з місця складання заготовок на робоче місце операції 010.

010 Фрезерне

Фрезерування частин:

$$T_0 = 6 \cdot L \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 0,36$$

Центрування торців:

$$T_0 = 6 \cdot L \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 0,396$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 \cdot \varphi_k = 0,756 \cdot 1,51 = 1,142$$

015 Токарна

Точити поверхню $\varnothing 70$ мм довжина 180мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 70 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 2,142$$

Точити поверхню $\varnothing 65$ мм довжина 50мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 65 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,553$$

Точити поверхню $\varnothing 60$ мм довжина 124мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 60 \cdot 124 \cdot 10^{-3} = 12,62$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 \cdot \varphi_k = 3,959 \cdot 1,50 = 5,939$$

020 Токарна

Точити «головку» колеса $\varnothing 103,62\text{мм}$:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 103,65 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 1,198$$

Точити поверхню $\varnothing 84\text{мм}$ довжина 5мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 84 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,071$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 \cdot \varphi_k = 0,17 \cdot 1,50 = 1,904$$

025 Токарна

Точити поверхню $\varnothing 70\text{мм}$ довжина 133мм:

$$T_0 = 0,1 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 70 \cdot 133 \cdot 10^{-3} = 0,931$$

Точити поверхню $\varnothing 56,8\text{мм}$ довжина 1,6мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 56,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 0,015$$

Точити поверхню $\varnothing 68\text{мм}$ довжина 47мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 68 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,543$$

Точити поверхню $\varnothing 65\text{мм}$ довжина 27мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 65 \cdot 27 \cdot 10^{-3} = 0,298$$

Точити поверхню $\varnothing 64\text{мм}$ довжина 17мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 64 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0,185$$

Точити поверхню $\varnothing 60\text{мм}$ довжина 124мм:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 60 \cdot 124 \cdot 10^{-3} = 1,265$$

Зняти фаску :

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 48 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,008$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 \cdot \varphi_k = 3,246 \cdot 1,50 = 4,869$$

030 Токарна

Точити «головку» колеса начисто на розмір $\varnothing 103,62\text{мм}$:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 103,62 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 1,198$$

Точити поверхню Ø84мм:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 84 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1,265$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 1,296 \cdot 1,50 = 1,904$$

035 Свердлильна

Свердлити отвір Ø20мм:

$$T_o = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 20 \cdot 65 \cdot 10^{-3} = 0,676$$

Зенкерувати отвір Ø20мм:

$$T_o = 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 20 \cdot 65 \cdot 10^{-3} = 0,273$$

Нарізати різьбу М20:

$$T_o = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 20 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 0,44$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 1,389 \cdot 1,41 = 1,958$$

040 Фрезерна

Фрезерування шліців:

$$T_o = 9 \cdot z \cdot l \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 8 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 6,84$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 6,84 \cdot 1,51 = 10,328$$

045 Фрезерна

Фрезерування шпон паза:

$$T_o = 7 \cdot l \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,329$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 0,329 \cdot 1,51 = 10,328$$

050 Фрезерна

Нарізання конічних зубів

$$T_o = 2,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 103,62 \cdot 57 \cdot 10^{-3} = 12,99$$

Штучно-калькуляційний час:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 12,99 \cdot 1,27 = 16,497$$

055 Фрезерна

Зняти фаску на торцях зубів

$$T_o = 60,3 \cdot D \cdot 10^{-3} = 60,3 \cdot 103,62 \cdot 10^{-3} = 6,25$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 6,25 \cdot 1,27 = 7,938$$

060 Шліфувальна

Шліфувати $\varnothing 70$ мм:

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 70 \cdot 133 \cdot 10^{-3} = 0,931$$

Шліфувати $\varnothing 60$ мм:

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 60 \cdot 124 \cdot 10^{-3} = 0,744$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 1,675 \cdot 1,55 = 2,596$$

065 Термічна обробка-загартування

070 Шліфувальна

Виправлення центрів.

075 Шліфувальна

$$T_o = 0,15 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 70 \cdot 133 \cdot 10^{-3} = 1,397$$

$$T_o = 0,15 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 60 \cdot 124 \cdot 10^{-3} = 1,116$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 2,513 \cdot 1,55 = 3,895$$

080 Промивальна

085 Контрольна

«Для масового і великосерійного виробництва 0,65-0,75. Вибираємо $\eta_{з.н.} = 0,70$.

Визначаємо кількість обладнання » [4]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_{\varnothing} \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.6)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

010 Фрезерна

$$m = \frac{75000 \cdot 1,14}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 0,507$$

015 Токарна

$$m = \frac{75000 \cdot 5,94}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 2,642$$

020 Токарна

$$m = \frac{75000 \cdot 1,90}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 0,845$$

025 Токарна

$$m = \frac{75000 \cdot 4,87}{60 \cdot 4015 \cdot 0,8} = 2,170$$

030 Токарна

$$m = \frac{75000 \cdot 1,90}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 0,845$$

035 Свердлильна

$$m = \frac{75000 \cdot 1,96}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 0,872$$

040 Фрезерна

$$m = \frac{75000 \cdot 10,14}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 4,594$$

045 Фрезерна

$$m = \frac{75000 \cdot 0,50}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 0,222$$

050 Фрезерна

$$m = \frac{75000 \cdot 16,50}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 7,339$$

055 Фрезерна

$$m = \frac{75000 \cdot 7,94}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 3,531$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

060Шліфувальна

$$m = \frac{75000 \cdot 2,60}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 1,156$$

075Шліфувальна

$$m = \frac{75000 \cdot 3,90}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 1,735$$

4. Коефіцієнт завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m}{P}. \quad (1.7)$$

010Фрезерна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,507}{1} = 0,507$$

015Токарна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{2,642}{3} = 0,881$$

020Токарна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,845}{1} = 0,845$$

025Токарна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{2,170}{3} = 0,723$$

030Токарна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,845}{1} = 0,845$$

035Свердлильна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,872}{1} = 0,872$$

040Фрезерна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{4,594}{5} = 0,919$$

045Фрезерна

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,222}{1} = 0,222$$

050 Фрезерна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{7,339}{8} = 0,917$$

055 Фрезерна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{3,531}{4} = 0,883$$

060 Шліфувальна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{1,156}{2} = 0,578$$

075 Шліфувальна

$$\eta_{з.ф.} = \frac{1,735}{2} = 0,868$$

5. Кількість операцій:

:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (1.8)$$

010 Фрезерна

$$O = \frac{0,70}{0,507} = 1,38$$

015 Токарна

$$O = \frac{0,70}{0,881} = 0,79$$

020 Токарна

$$O = \frac{0,70}{0,845} = 0,83$$

025 Токарна

$$O = \frac{0,70}{0,723} = 0,97$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

030 Токарна

$$O = \frac{0,70}{0,845} = 0,83$$

035 Свердлильна

$$O = \frac{0,70}{0,872} = 0,80$$

040 Фрезерна

$$O = \frac{0,70}{0,919} = 0,76$$

045 Фрезерна

$$O = \frac{0,70}{0,222} = 3,15$$

050 Фрезерна

$$O = \frac{0,70}{0,917} = 0,76$$

055 Фрезерна

$$O = \frac{0,70}{0,883} = 0,79$$

060 Шліфувальна

$$O = \frac{0,70}{0,578} = 1,21$$

075 Шліфувальна

$$O = \frac{0,70}{0,868} = 0,81$$

Всі розрахунки представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Визначення кількості верстатів та операцій

| Операції | Назва | $T_{ш-к}$ | m_p | P | $\eta_{з.ф.}$ | O |
|----------|-------|-----------|-------|---|---------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----------------------|-------|-------|---|-------|------|
| 010 | Фрезерно-центрувальна | 1,14 | 0,507 | 1 | 0,507 | 1,38 |
| 015 | Автоматично токарна | 5,94 | 2,642 | 3 | 0,881 | 0,79 |
| 020 | Автоматично токарна | 1,90 | 0,845 | 1 | 0,845 | 0,83 |
| 025 | Токарно-копіювальна | 4,87 | 2,170 | 3 | 0,723 | 0,97 |
| 030 | Токарно-копіювальна | 1,90 | 0,845 | 1 | 0,845 | 0,83 |
| 035 | Радіально-свердлильна | 1,96 | 0,872 | 1 | 0,872 | 0,80 |
| 040 | Шліцефрезерувальна | 10,33 | 4,594 | 5 | 0,919 | 0,76 |
| 045 | Шліцефрезерування | 0,50 | 0,222 | 1 | 0,222 | 3,15 |
| 050 | Зубофрезерна | 16,50 | 7,339 | 8 | 0,917 | 0,76 |
| 055 | Зубофрезерна | 7,94 | 3,531 | 4 | 0,883 | 0,79 |
| 060 | Круглошліфувальна | 2,60 | 1,156 | 2 | 0,578 | 1,21 |
| 075 | Круглошліфувальна | 3,90 | 1,735 | 2 | 0,868 | 0,81 |

$$\sum O = 1,38 + 0,79 + 0,83 + 0,97 + 0,83 + 0,80 + 0,76 + 3,15 + 0,76 + 0,79 + 1,21 + 0,81 = 13,08$$

$$\sum P = 1 + 3 + 1 + 3 + 1 + 1 + 5 + 1 + 8 + 4 + 2 + 2 = 32$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{13,08}{32} = 0,409$$

«Ми вибираємо масовий тип виробництва, оскільки масовим типом виробництва $K_{з.о.} = 0,1 \dots 1,0$; а у нашому випадку $K_{з.о.} = 0,409$.

Визначаємо організаційну форму виробництва. Визначаємо добовий випуск виробів» [1]:

$$N_c = \frac{N}{254}, \quad (1.9)$$

$$N_c = \frac{75000}{254} = 296 \text{ шт}$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{шк-ср}} \cdot \eta_{з.ф.ср.}, \quad (1.10)$$

«де: F_c - добовий фонд роботи обладнання (при 2-х змінній роботі $F_c = 952$ хв);

$T_{шк-ср}$ - середній штучно-калькуляційний час всіх операцій»[2];

$$T_{шк-ср.} = \frac{\sum T_{ум.кi.}}{n}, \quad (1.11)$$

$$\eta_{з.ф.ср.} = \frac{\sum_{s=1}^n \eta_{з.ф.i.}}{n}.$$

$$\eta_{з.ф.ср.} = \frac{0,507+0,881+0,845+0,723+0,845+0,872+0,919+0,222+0,917+0,883+0,578+0,868}{12} = 0,755$$

$T_{шк-ср.}$

$$= \frac{1,14 + 5,94 + 1,90 + 4,87 + 1,90 + 10,33 + 0,50 + 16,50 + 7,94 + 2,60 + 3,90}{12}$$

$$= 4,956$$

$$Q_c = \frac{952}{4,956} \cdot 0,755 = 1991 \text{ шт}$$

$$t_e = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (1.12)$$

$$t = \frac{60 \cdot 4014}{75000} = 3,23 \text{ хв}$$

Отже, приймаємо масовий тип виробництва.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь вал-шестерня представляє собою багато ступеневий вал із закінченням кінчною шестернею. Найменший діаметр валу- $\varnothing 60$ мм, найбільший діаметр валу- $\varnothing 103,62$ мм.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

Найбільш габаритна довжина $l = 432$ мм. Шийка $\varnothing 60h6$ обробляється на довжину $l = 124$ мм. На тій ж шийці виконується шліцеве з'єднання розміром D8×52×60SЛ шорсткість обробки цієї шийки 1,25.

Наступна шийка обробляється до $\varnothing 64h8$ на довжину $l = 23$ мм. На цій шийці виконується різьба M64×2 і тому що для виходу різьби протягується канавка ширини 6 мм радіусом $R=3$ мм.

Наступна шийка має $\varnothing 65h8$ на довжину $l = 32$ мм шорсткість шийки $\varnothing 64$ мм Rz20 і шийки $\varnothing 65$ м, 1,25.

Шийка $\varnothing 70H$ виконується на довжині $l = 80$ мм з шорсткістю обробки 1,25. Для полегшення обточування і шліфування цієї шийки зроблена виточка до $\varnothing 68$ мм на довжину $l = 47$ мм.

На довжину $l = 15,25$ мм протягується $\varnothing 84$ мм з виходом на $R = 5$ мм. За цим обточуємо конічну поверхню під кутом $\alpha=18^{\circ}59'22''\pm 15'$. Довжина конічної поверхні $l = 57$ мм. Шорсткість обробки конічної поверхні Rz 20. Торець деталі обробляється з шорсткістю $R_z = 20$.

В лівій частині валу-шестерні виконується центровий отвір по ГОСТ14034-98.

В правому торцю виконується центровий отвір з різьбою M20 на довжину $l = 65$ мм. Шийки $\varnothing 60$ мм і $\varnothing 65$ мм виконуються зі спряженням $R = 5$ мм. Деталь виконується зі спряженням $R = 1$ мм і $R = 5$ мм. .

По $\varnothing 60K6$ виконується шліцеве з'єднання D8×52×60 S₃ на всю довжину шийки з виходом на $R = 50$ мм.

Деталь обробляється на центрах лівої частини центрів отвір виконується по ГОСТ 14034-98, перша частина має отвір різьбою HМ20 ГОСТ 14034-98. Отвір в правій частині деталі виконується на $l = 65$ мм, а різьба нарізається на $l = 55$ мм.

«Конічна поверхня має закруглення $R = 3$ мм з двох сторін. На $\varnothing 60$, $\varnothing 64$ і $\varnothing 65$ виконується шпонковий паз шириною 10 мм.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | Арк. | |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

Деталь підходить центрації з поступальним загартуванням згідно технічним умовам креслення.

Коефіцієнт уніфікації елементів »[1]:

$$K_{ун.ел.} = \frac{Q_{ун.ел.}}{Q_{заг.ел.}} > 0,6, \quad (2.1)$$

2.2. Вибір технологічних баз

«Сумарна похибка обробки повинна бути меншою допуску на розмір. Це стосується всіх розмірів, які отримуються на кожній технологічній операції» [5].

$$W_{\Sigma} < T_{обр.} \quad (2.2)$$

В загальному випадку очікувана похибка обробки:

$$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст.} \quad (2.3)$$

де:

$W_{н.р.}$ – похибка настроюваного розміру;

$W_{т.с.}$ - похибка технологічної системи;

$W_{уст.}$ - похибка установки.

«Похибка настроюваного розміру і похибка технологічної системи в сумі дорівнюють середній статичній точності і визначаються за таблицею.

$W_{уст.}$ - залежить від способу встановлення деталі на верстаті і від способу її закріплення. В загальному випадку похибка установки вираховується за формулою »[5]:

$$W_{уст.} = \sqrt{W_{б.}^2 + W_{закр.}^2}. \quad (2.4)$$

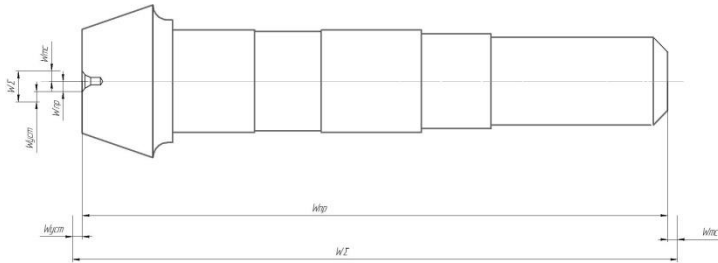
Розрахунки заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.1 – Розрахунок похибки обробки

| Операція | Розрахунок похибки обробки |
|----------|----------------------------|
| 1 | 2 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

010 Фрезерно-центрувальна



$$1W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_c = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

$$W_{\text{уст}} = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм}$$

$$W_c = 0,04 \text{ мм} \quad W_{\Sigma} = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ мм}$$

$$A = 8 \pm 0,1 \text{ мм}; \quad T = 0,20$$

$$2W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_c = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

$$W_{\text{уст}} = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм}$$

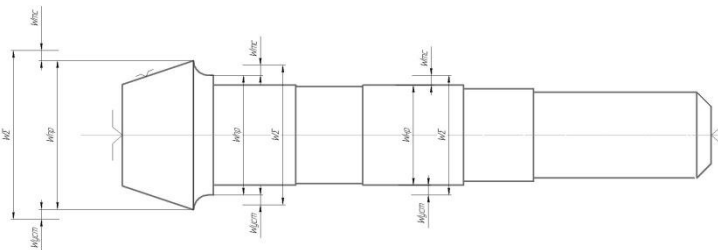
$$W_c = 0,03 \text{ мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,02 + 0,063 = 0,05 \text{ мм}$$

$$A = 423 \pm 0,11 \text{ мм}$$

$$T = 0,25 \text{ мм}$$

015 Токарно-автоматична



1

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_c = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

$$W_{\text{уст}} = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм}$$

$$W_c = 0,01 \text{ мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,08 + 0,01 = 0,09 \text{ мм}$$

$$A = 105 \pm 0,3 \text{ мм}$$

$$T = 0,27 \text{ мм}$$

2

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_c = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

$$W_{\text{уст}} = 5 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}$$

$$W_c = 0,03 \text{ мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,05 + 0,03 = 0,08 \text{ мм}$$

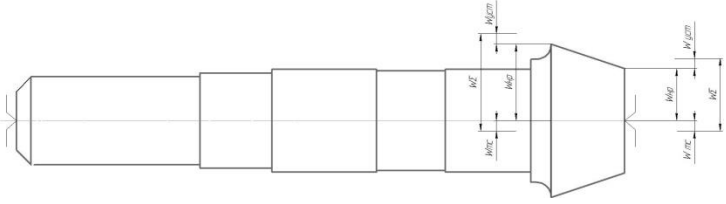
$$A = 85 \pm 0,3 \text{ мм}$$

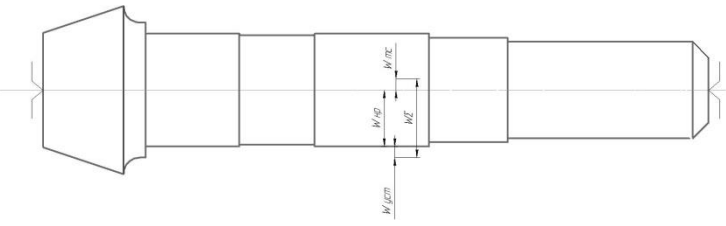
$$T = 0,3 \text{ мм}$$

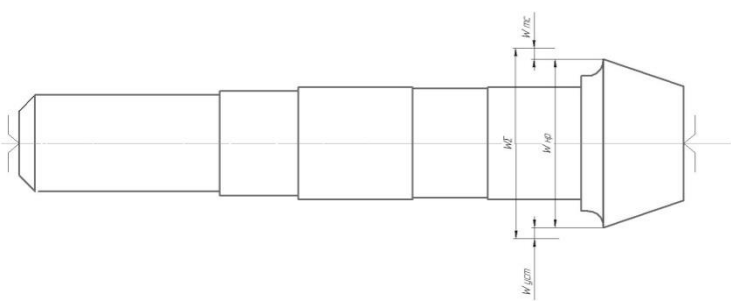
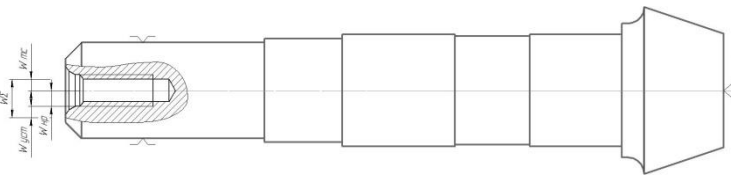
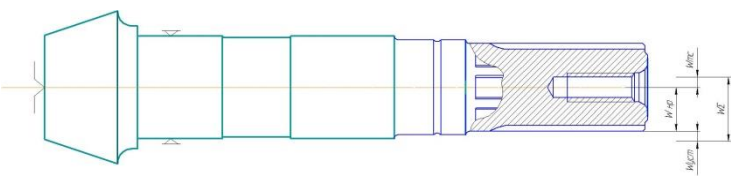
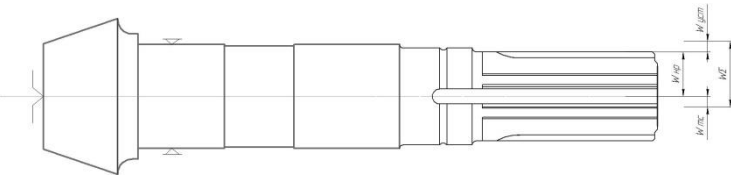
3.

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

| | |
|--|---|
| | $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 15\text{мкм} = 0,15\text{мм}$ $W_c = 0,03\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,15 + 0,03 = 0,18\text{мм А}$ $= 71 \mp 0,5\text{мм Т}$ $= 0,3\text{мм}$ |
|--|---|

| | |
|---|---|
| <p>020 Токарно автоматична</p>  | <p>1.</p> $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 10\text{мкм} = 0,01\text{мм}$ $W_c = 0,04\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,01 + 0,04 = 0,5\text{мм}$ $A = 104 \mp 0,6\text{мм}$ $T = 0,5\text{мм}$ <p>2.</p> $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 8\text{мкм} = 0,08\text{мм}$ $W_c = 0,03\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,8 + 0,03 = 0,11\text{мм}$ $A = 73 \mp 0,7\text{мм}$ $T = 0,3\text{мм}$ |
|---|---|

| | |
|--|--|
| <p>025 Токарно-копіювальна</p>  | $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 18\text{мкм} = 0,018\text{мм}$ $W_c = 0,07\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,18 + 0,07 = 0,25\text{мм}$ $A = 70 \mp 0,5\text{мм}$ $T = 0,7\text{мм}$ |
|--|--|

| | |
|---|--|
| <p>030 Токарно-копіювальна</p>  | $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 14\text{мкм} = 0,014\text{мм}$ $W_c = 0,5\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,14 + 0,5 = 0,64\text{мм}$ $A = 103 \pm 0,6\text{мм}$ $T = 27\text{мм}$ |
| <p>035 Радіально-свердлильна</p>  | $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 19\text{мкм} = 0,19\text{мм}$ $W_c = 0,07\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,19 + 0,07 = 0,26\text{мм}$ $A = 20 \pm 0,5\text{мм}$ $T = 0,28\text{мм}$ |
| <p>040 Шпоночно-фрезерувальна</p>  | $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 12\text{мкм} = 0,12\text{мм}$ $W_c = 0,03\text{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,12 + 0,03 = 0,15\text{мм}$ $A = 60 \pm 0,5\text{мм}$ $T = 0,3\text{мм}$ |
| <p>045 Шпоночно-фрезерувальна</p>  | <p>I</p> $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст}$ $W_c = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{уст} = 17\text{мкм} = 0,017\text{мм}$ $W_c = 0,07\text{мм}$ |

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

014Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

$$W_{\Sigma} = 0,17 + 0,07 = 0,24\text{мм}$$

$$A = 70 \mp 0,5\text{мм}$$

$$T = 0,7\text{мм}$$

2.

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_{\text{с}} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

$$W_{\text{уст}} = 15\text{мкм} = 0,015\text{мм}$$

$$W_{\text{с}} = 0,03\text{мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,12 + 0,03 = 0,15\text{мм}$$

$$A = 71 \mp 0,5\text{мм}$$

$$T = 0,3\text{мм}$$

3

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_{\text{с}} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

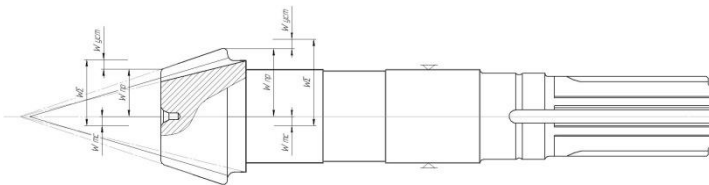
$$W_{\text{уст}} = 2\text{мкм} = 0,02\text{мм}$$

$$W_{\text{с}} = 0,03\text{мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,02 + 0,03 = 0,05\text{мм}$$

$$A = 10 \mp 0,1\text{мм} \quad T = 0,3\text{мм}$$

055 Зубофрезерна



1.

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$W_{\text{с}} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}}$$

$$W_{\text{уст}} = 15\text{мкм} = 0,015\text{мм}$$

$$W_{\text{с}} = 0,03\text{мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,15 + 0,03 = 0,18\text{мм}$$

$$A = 77 \mp 0,5\text{мм}$$

$$T = 0,3\text{мм}$$

2.

$$W_{\Sigma} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{т.с.}} + W_{\text{уст}}$$

$$\square_{\text{с}} = \square_{\text{н.р.}} + \square_{\text{т.с.}}$$

$$\square_{\text{уст}} = 18\text{мкм} = 0,018\text{мм}$$

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

014Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

| | |
|--|--|
| | $\square_c = 0,05\text{мм}$ $\square_{\square} = 0,18 + 0,05 = 0,23\text{мм}$ $A = 104 \mp 0,5\text{мм}$ $T = 0,3\text{мм}$ |
|--|--|

2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Розрахунок допусків на обробку виконується за допомогою розрахунково-аналітичних методів і таблиць. Розрахунок і застосування проміжних допусків, розрахунок в табличній формі проміжних розмірів для діаметрів $\varnothing 70 \times 6$.

«У серійному виробництві токарна обробка валів і шестерень здійснюється на токарному верстаті з плаваючим переднім центром і заднім центром, що обертається. Операції шліфування виконуються на круглошліфувальних верстатах, а заготовки встановлюються на жорсткі центри. Допуски в таблицю вносяться в порядку, зворотному порядку технологічного процесу»[5].

Таблиця 2.2 – Загальні припуски та допуски на оброблювані поверхні

| Метод обробки поверхонь | Ряд точності, квалітет | Шорсткість | Припук мм | Проміжний розмір | |
|-------------------------|------------------------|------------|-----------|--------------------------------------|--|
| | | | | Розрахунок з допусками | Прийнятий з допуском |
| Чистове шліфування | 6(h6) | 0,8 | 0,06 | $\varnothing 70^{(+0,023}_{+0,003})$ | $\varnothing 70h6^{(+0,023}_{+0,003})$ |
| Чорнове шліфування | 8(h8) | 1,6 | 0,50 | $\varnothing 70^{(0}_{-0,046})$ | $\varnothing 70,1^{(0}_{-0,046})$ |
| Чистове точіння | 11(h11) | 3,2 | 1,4 | $\varnothing 70,56^{(0}_{-0,19})$ | $\varnothing 70,6^{(0}_{-0,19})$ |
| Чорнове точіння | 12(h12) | 12,5 | 4,24 | $\varnothing 71,96^{(0}_{-0,3})$ | $\varnothing 72^{(0}_{-0,3})$ |
| Заготовка | II клас | | 6,2 | $\varnothing 76,2^{(+3,0}_{-1,5})$ | $\varnothing 76,2^{(+3,0}_{-1,5})$ |

Проміжні допуски для обробки поверхонь 60х6 розраховуються аналітично, а проміжні розміри допускаються. У масовому виробництві вали і шестерні центруються на токарному верстаті з плаваючими передніми центрами і задніми центрами, що обертаються. Шліфування здійснюється на круглошліфувальному верстаті. Деталі встановлюються на жорсткі центри. Дані заносяться в таблицю.

Таблиця 2.3 – Загальні припуски та допуски на оброблювані поверхні

| Метод обробки поверхні | Квалітет, ряд точності | Шорсткість | Розрахунок величини | | | | |
|------------------------|------------------------|------------|--|-------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | | | Допуск на розмір | Висота мікронерівностей | Глибина дефективного шару | Сума просторових відхилень | Похибка установки |
| Заготовка штамповка | Іклас | | $\sigma_0 = \begin{matrix} +3000 \\ -1,500 \end{matrix}$ | $R_{z_0} = 200$ | $T_0 = 250$ | $\rho_0 = 1730$ | - |
| Чорнове точіння | 12(h12) | 2,5 | $\sigma_1 = 300$ | $R_{z_1} = 50$ | $T_1 = 50$ | $\rho_1 = 104$ | $\varepsilon_{y_1} = 0$ |
| Чистове точіння | 11(h11) | 6,3 | $\sigma_2 = 190$ | $R_{z_2} = 25$ | $T_2 = 25$ | $\rho_2 = 0$ | $\varepsilon_{y_2} = 0$ |
| Попереднє шліфування | 8(h8) | 3,2 | $\sigma_3 = 46$ | $R_{z_3} = 10$ | $T_3 = 20$ | $\rho_3 = 0$ | $\varepsilon_{y_3} = 0$ |
| Чистове шліфування | 6(h6) | 1,6 | $\sigma_4 = 19$ | $R_{z_4} = 5$ | $T_4 = 15$ | $\rho_4 = 0$ | $\varepsilon_{y_4} = 0$ |

Сумарне значення просторових відхилення обробки в центрах зовнішньої поверхні за формулою[1].

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{к.о}^2 + \rho_y^2}, \text{ мкм}$$

де $\rho_{к.о}$ - загальна кривизна заготовки (загальну кривизну заготовки визначаємо по формулі):

$$\rho_{к.о} = \Delta KL;$$

L-загальна довжина заготовки;

$$\rho_d = 0,25 \sqrt{\sigma_0^2 + 1}$$

$$\rho_d = 0,25 \sqrt{4,5^2 + 1} = 1,15 \text{ мм} = 1150 \text{ мкм};$$

$\Delta K=3$; $L=430$;

$$\rho_{к.о} = \Delta KL = 1290 \text{ мкм}$$

$$\rho_0 = \sqrt{1290^2 + 1150^2} = 1730 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 1730 = 104 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,06 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 104 = 5,2 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибку встановлення на всіх операціях за формулою:

$$E_{ц} = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} \quad (2.5)$$

«де: E_6 -похибка базування; E_3 -похибка закріплення.

Окружна деформація деталі зі-за сили закріплення в зв'язку з малою її величиною не враховується, рахуємо, що $E_3 = 0$. В інших операціях механічної обробки $E_{ц} = 0$, так як установлені бази є ті ж самі центрові отвори. Одержання значення транспортних відхилень і похибки $E_{ц} = 0$, так як установлення $E_{ц}$.

На підставі табличних даних визначаємо величину розрахункового припуску» [1].

$$2Z_{ip} = 2 \left(R_{z i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \rho_i^2} \right) + \sigma_{i-1} - \sigma_i. \quad (2.6)$$

де σ_{i-1} -відємна частина допуску заготовки для валів; так як $E=0$ то

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

Припуск на чистове шліфування 0,09 мм

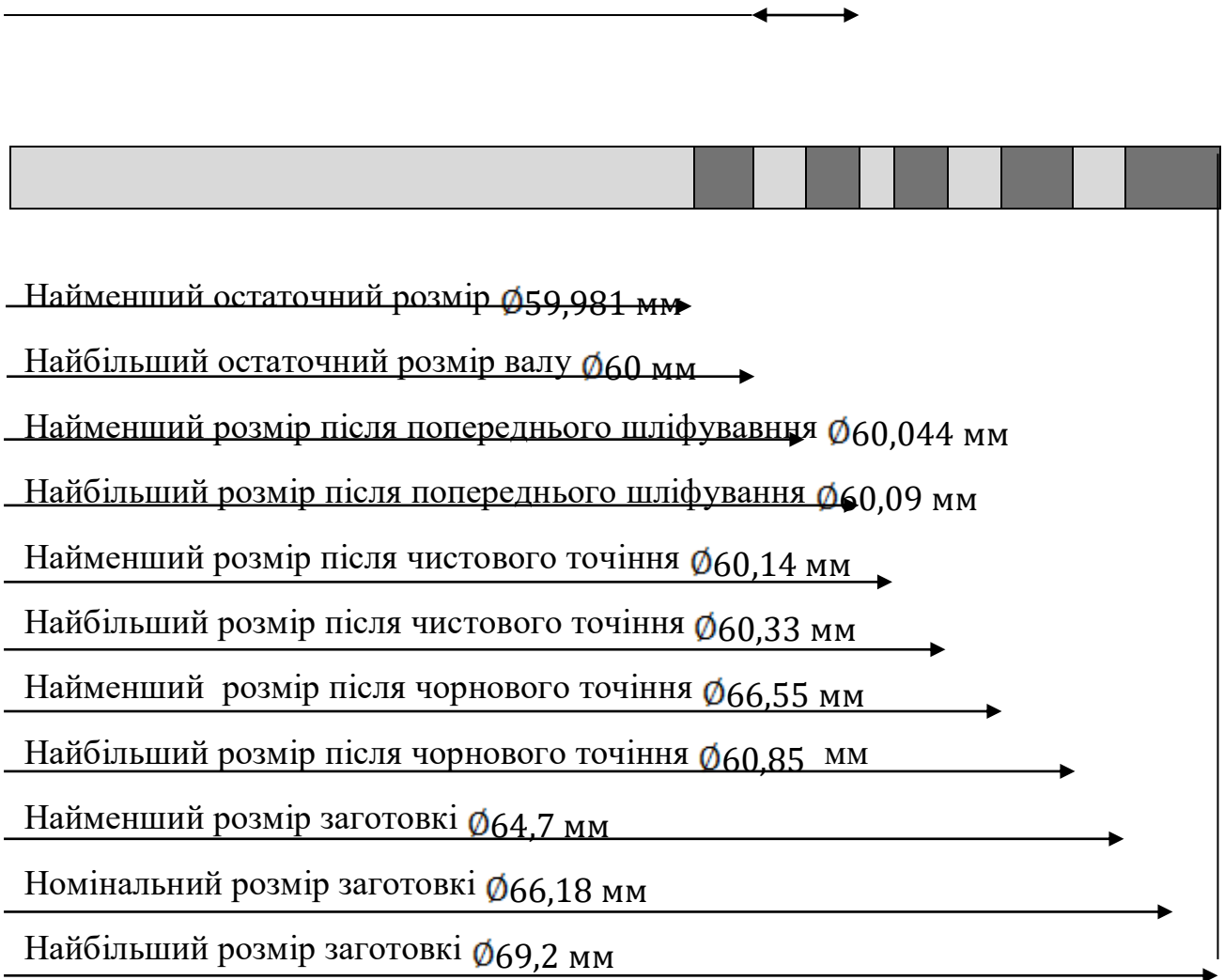


Рисунок 2.1. – Схема графічного позначення припусків і допусків

Розрахунок проміжних припусків ведемо в порядку зворотнього ходу технологічного процесу, від розміра готової деталі. Початковим розрахунком розміру приймають найбільший (для зовнішніх поверхонь

2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Так само розробляємо шпонко-фрезерну операцію, яка по маршрутному технологічному процесу має порядковий номер 050. Операція виконується на фрезерному верстаті 692 М.

Вибераємо ріжучий інструмент.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

За картою для обробки шпонкового паза приймаємо шпоночну фрезу з швидкоріжучої сталі Р6М5.

За картою визначаємо геометричні параметри фрези:

$\gamma = 15^\circ$ - передній кут;

$\alpha = 14^\circ$ - задній кут;

$\varphi = 3^\circ$ - допоміжний кут;

Визначення глибина різання.

$t=10$ мм – глибина різання

Вибір подачі.

За картою для фрези $\varnothing 10$ мм і глибина паза 5 мм подача рівна

$$S_z = 0,015 - 0,025 \left(\frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \right)$$

Визначаємо хвилину подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot n \cdot Z_\phi$$

де S_z - подача на зуб фрези (мм/хв);

n - частота обертання фрези (об/хв);

$Z_\phi = 4$ – число зубців фрези, при $d = 10$ – $Z_\phi = 4$ (зубів)

Хвилину подачу визначаємо пізніше, після розрахунку швидкості різання і частоти обертання шпинделя.

Визначаємо швидкість різання:

Швидкість різання визначається за формолою

$$V = \frac{C_v \cdot D^{g_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v; \quad (2,7)$$

«де C_v - постійний коефіцієнт;

D - діаметр фрези в мм;

T - період стійкості фрези, хв.;

t - глибина різання, мм;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

S_z - подача на зуб фрези, мм/об;

B - ширина фрезерування, мм;

z -число зубів фрези;

K_v - поправочний коефіцієнт на різання;

$x_y, y_v, u_v, P_v, m, g_v$ – показники степені»[5].

$$C_v = 12; P_v = 0;$$

$$g_v = 0,3; m = 0,26;$$

$$x_y = 0,3; \quad T = 60 \text{ (хв.)};$$

$$y_v = 0,25; \quad K_v = 1;$$

$$u_v = 0;$$

$$V = \frac{12 \cdot 10^{0,3}}{60^{0,2} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,015^{0,25} \cdot 10^0 \cdot 4^0} \cdot 1 = \frac{12 \cdot 2}{2,275 \cdot 1,62 \cdot 0,376 \cdot 1 \cdot 1} \cdot 1 =$$
$$= 17,32 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right) = 0,28 (\text{сек}^{-1})$$

Визначення необхідної частини обертання шпинделя:

$$V = \frac{\pi D n}{100}; \quad (2.8)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,32}{3,14 \cdot 10} = 551,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 9,19 \text{ сек}^{-1};$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата $n=470$ об/хв., або $n=7,83 \text{сек}^{-1}$ або рівняється кутова швидкість в рад/с;

$$W = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 470}{30} = 49,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

Дійсна швидкість різання рівна [5]:

$$v_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 470}{1000} = 14,75 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Визначення потужності необхідну на різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{102 \cdot 60} \text{ кВт};$$

Величина окружної сили визначається за формулою[5]:

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot P^{u_p} \cdot z}{D^{g_p} \cdot n^{u_p}} \cdot K_p \text{ (кг)}$$

n – частота обертання шпинделя;

z – число зубців фрези.

$$P_z = \frac{68,2 \cdot 10^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 2}{10^{0,86} \cdot 470^0} \cdot 1 = \frac{68,2 \cdot 7,50 \cdot 0,062 \cdot 10 \cdot 2}{7,50 \cdot 1} \cdot 1 = 85 \text{ кг;}$$

$$N = \frac{85 \cdot 14,75}{102 \cdot 60} = \frac{1253,7}{6120} = 0,2 \text{ кВт}$$

Міцність на шпиндель верстата [20]:

$$N_{\text{шп}} = N_f \cdot k_{ng} = 1,7 \cdot 0,8 = 1,36 \text{ кВт}$$

$N_{\text{рад}} < N_{\text{шт}}$ - в нашому випадку ($0,2 < 1,36$) – умова різання виконується, різання можливе.

Визначення хвилиної подачі [5]:

$$S_m = S_z \cdot n \cdot z_\phi = S_z \cdot n \cdot z_n; \quad (2.10)$$

S_z - подача на зуб;

z_n - число зубців фрези;

n - число обертів шпинделя;

$z_n = 4; n = 470 \text{ об/хв};$

$$S_m = 470 \cdot 4 \cdot 0,025 = 47 \text{ мм/хв.};$$

За паспортом верстата приймаємо $S_m = 30 \text{ мм/хв.}$

Визначаємо машиний час[5]:

$$T_M = \frac{l+l_1}{S_m}; \quad (2.11)$$

де l - довжина обробки, мм;

l_1 - величина різання, мм;

S_m - хвилина подача, мм/хв.;

$l_1 = 3 \text{ мм}$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

ε -число заходів фрези;

q-кількість одночасно оброблених деталей;

$$T_o = \frac{130 \cdot 8}{1,4 \cdot 100 \cdot 21} = 3,71 \text{ (хв)}$$

Операція 050

При $m=7$ – швидкість різання $V=27$ м/хв.

$n_z = 5$ – число обертів головки за час нарізання одного зуба.

$t_z = 13$ с – час різання одного зуба;

$z = 13$ – число зубів на різальному колесі;

$$T_o = 13 \cdot 13 = 169 \text{ (с)}$$

$$T_o = \frac{169}{60} = 2,82 \text{ (хв)}$$

Операція 055

При $m = 7 \text{ in} = 600$ об/хв число обертів.

Ми робимо зубозакруглення, при цьому часу обробки одного зуба $t_z = 3,0$ с/зуб, ($z = 13$).

$$T_{o1} = 3 \cdot 13 = 39 \text{ с} = 0,65 \text{ (хв)}$$

$$T_{o2} = 0,65 \text{ (хв)}$$

$$T_o = 0,65 + 0,65 = 1,3 \text{ (хв)}$$

Операція 060

$$T_M = \frac{L \cdot h}{n_g \cdot S \cdot t} \cdot k;$$

де $k = 1,4$ – при чорновому шліфуванні;

L - довжина обробки, мм;

h - величина припуску на одну сторону, мм;

n - частота обертання деталі;

S - подача в мм/об;

t –ширина круга;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$t = 0,3 \cdot B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ хв};$$

$k = 1,3$ - коефіцієнт виснаження;

$$T_{o_2} = \frac{125 \cdot 0,25 \cdot 1,3}{100 \cdot 0,0165 \cdot 18,9} = 1,3 \text{ (хв)}$$

$$T_{o_1} = \frac{133 \cdot 0,25 \cdot 1,3}{800 \cdot 0,0165 \cdot 18,9} = 1,73 \text{ (хв)}$$

$$T_o = T_{o_1} + T_{o_2} = 1,3 + 1,73 = 3,03 \text{ (хв)}$$

Операція 075

$K = 1,4$ - при чистовму шліфуванні;

$$T_{o_1} = \frac{133 \cdot 0,05 \cdot 1,4}{160 \cdot 0,009 \cdot 18,9} = 0,34 \text{ (хв)}$$

$$T_{o_2} = \frac{125 \cdot 0,05 \cdot 1,4}{200 \cdot 0,009 \cdot 18,9} = 0,26 \text{ (хв)}$$

$$T_o = 0,34 + 0,26 = 0,60 \text{ (хв)}$$

На інші види обробки режими заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання

| № операції | Назва операції | № переходу | t, мм | Розрахунок | | | Прийнятий | | | S_m , мм/хв | T_o , хв | Вибраний |
|------------|----------------------|------------|-------|------------|---------|----------|-----------|---------|----------|---------------|------------|----------|
| | | | | S, мм/хв | V, мм/с | n, об/хв | S, мм/хв | V, мм/с | n, об/хв | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 010 | Фрезерноцентрувальна | 1 | 3,3 | 0,08-0,12 | 164 | 522 | 0,08 | 125 | 398 | 300 | 0,28 | МР-71 |
| | | 2 | 1,5 | | 20,5 | 1600 | 0,58 | 15,1 | 1600 | | 0,11 | |

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |

Продовження таблиці 2.6 – Режими різання

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------------------|---|------|-------------|-------|-------|--------|-------|-----|-------|------|-------|
| 015 | Токарно-автоматична | 1 | 2,2 | 0,6-0,9 | 82 | 307 | 0,06 | 76,1 | 285 | | 2,25 | 1722 |
| 020 | Токарно-автоматична | 1 | 2,2 | 0,6-0,9 | 82 | 239 | 0,6 | 76,5 | 223 | | 0,42 | |
| 025 | Токарнокопіювальний | 1 | 0,7 | 0,18-0,25 | 209 | 780 | 0,25 | 188 | 703 | | 2,19 | 1E713 |
| 030 | Токарнокопіювальний | 1 | 0,7 | 0,18-0,25 | 209 | 634 | 0,25 | 186,3 | 565 | | 0,42 | |
| 035 | Радіально свердлильна | 1 | 8.75 | 0,18-0,22 | 24 | 442 | 0,2 | 21,7 | 400 | | 0,94 | 2H55 |
| | | 2 | 4 | 0,7-0,9 | 15 | 191 | 0,8 | 12,6 | 160 | | 0,13 | |
| | | 3 | 1,25 | 2,5 | 12,1 | 193 | 2,5 | 10,1 | 150 | | 0,16 | |
| 040 | Шліцефрезерування | 1 | 4 | 1,0 | 30 | 106 | 1,4 | 30 | 100 | | 3,71 | 5350A |
| 044 | Шпоночнофрезер | 1 | 10 | 0,015-0,025 | 17,32 | 551 | 0,025 | 14,75 | 470 | 35,25 | 1,93 | 692M |
| 050 | Зубофрезер зерна | 1 | 10,7 | | 27 | 83,5 | 0,25 | 27 | 80 | | 2,82 | 525 |
| 055 | Зубофрезер зерна | 1 | 4,6 | 0,18 | 388 | 1200 | 0,18 | 19 | 405 | | 1,3 | |
| 060 | Круглошліфувальний | 1 | 0,25 | 0,0165 | 13,26 | 86,4 | 0,0165 | 19 | 80 | | 17,3 | 3A151 |
| | | 2 | 0,25 | 0,0165 | 13,26 | 100 | 0,0165 | 19 | 100 | | 1,3 | |
| 075 | Круглошліфувальний | 1 | 0,05 | 0,009 | 25,5 | 181,9 | 0,009 | 40 | 160 | | 0,34 | |
| 055 | Круглошліфувальний | 2 | 0,05 | 0,009 | 25,5 | 212,3 | 0,009 | 40 | 200 | | 0,26 | |

2.4.Нормування технічного процесу

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |

«Залежно від організаційної форми виробництва проводимо розрахунок технічних норм часу. Для масового типу виробництва» [6]:

$$T_{шт} = t_o + t_{обс.} + t_d \quad (2.12)$$

Детально розраховуємо шпоно-фрезерну операцію 045. Вона виконується на шпоно-фрезерному верстаті моделі 692М.. При цій операції $T_o = 1,93$ (хв.);

Визначаємо $T_{всг}, T_{обсл.}, T_{отд.}$

Таблиця 2.7 – Розрахунок однієї операції 040

| Елементи операцій і час зв'язаний з операціями | № таблиці | | T |
|---|-----------|---|------|
| <u>040 Шпонофрезерна</u> | | | |
| 1) Встановити, закріпити і зяти деталь | 16 | 2 | 0,20 |
| 2) Зміна інструмента | - | - | - |
| 3) Змінити величину подачі шпиндельної головки | Пр 8 | 2 | 0,02 |
| 4) Змінити частоту оберта фрези | | | |
| 5) Час на перехід | Пр 8 | 1 | 0,02 |
| 6) Час на контрольний вимір | | | 0,12 |
| 7) Вимкнути верстат | 86 | 5 | 0,07 |
| 8) Підведення деталі до фрези переміщення стола в подальшому направлені | Пр 8 | 1 | 0,02 |
| | Пр 8 | 3 | 0,04 |
| 9) Підвести фрезу до деталі в вертикальному направленні | Пр 8 | 4 | 0,06 |
| 10) Відвезти фрезк від деталі в вертикальному направленні | Пр 8 | 5 | 0,05 |

$$T_{шт.} = 2,59 + 0,08 + 0,1 = 2,77 \text{ (хв)}$$

Визначаємо розрахунок на операцію за формолою [6]:

$$P = \frac{T_{тап} + T_{шт}}{60}; \quad (2.13)$$

$$P_{040} = \frac{60,6 \cdot 2,77}{60} = 2,8;$$

Для інших операцій розрахунок заносимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Нормування технологічного процесу

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | |

| Номер та назва операції | T_o , хв | T_B , хв | $T_{абс}$ | | $T_{отд}$ | | $T_{шт}$, хв | Розряд | Тарифна ставка | розцінка |
|---------------------------|---------------|---------------|-----------|------|-----------|------|------------------|--------|----------------|----------|
| | | | % | хв | % | хв | | | | |
| 010 фрезерно-центрувальна | 0,39 | 1,42 | 3,3 | 0,06 | 4 | 0,07 | 1,94 | 2 | 65 | 210 |
| 015 токарно-автоматична | 2,25 | 0,71 | 6,5 | 0,19 | 4 | 0,12 | 3,27 | 3 | 72 | 1,48 |
| 020 токарно-автоматична | 0,42 | 0,71 | 5,5 | 0,06 | 4 | 0,05 | 1,24 | 3 | 72 | 1,48 |
| 025 токарно-копіювальна | 2,19 | 0,71 | 6,5 | 0,19 | 4 | 0,12 | 3,21 | 3 | 72 | 3,85 |
| 030 токарно-копіювальна | 0,42 | 0,71 | 5,5 | 0,06 | 4 | 0,05 | 1,24 | 3 | 72 | 1,48 |
| 035 радіально-свердлильна | 1,23 | 1,25 | 4 | 0,1 | 4 | 0,1 | 2,68 | 2 | 65 | 2,90 |
| 040 шліцефрезерна | 3,71 | 0,98 | 4 | 0,19 | 4 | 0,19 | 5,01 | 4 | 81 | 6,76 |
| 045шпоночнофрезерна | 1,93 | 0,66 | 3 | 0,08 | 4 | 0,1 | 2,77 | 3 | 72 | 3,32 |
| 050 зубофрезерна | 2,82 | 1,39 | 4,5 | 0,19 | 4 | 0,17 | 4,57 | 4 | 81 | 6,16 |
| 055 зубофрезерна | 1,3 | 1,39 | 4 | 0,11 | 4 | 0,11 | 2,91 | 4 | 81 | 3,92 |
| 060 круглошліфувальна | 3,03 | 1,28 | 9 | 0,39 | 4 | 0,17 | 4,87 | 4 | 81 | 6,57 |
| 075 круглошліфувальна | 1,28 | 1,28 | 9 | 0,17 | 4 | 0,08 | 2,13 | 4 | 81 | 2,87 |

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування технологічного оснащення

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Оскільки ми маємо справу з розробкою технічних засобів, нам потрібне обладнання, яке дозволить зменшити або, бажано, виключити частку важкої, ручної та малокваліфікованої праці, пов'язаної з монтажем і фіксацією компонентів. Верстат призначений для фрезерування шпонкового паза довжиною 55 мм і шириною 10 мм. Цей пристрій встановлюється на шпонково-фрезерному верстаті 692М (операція 045). Паспортні дані верстата:

- найбільше зусилля подачі- 580Н;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

- найбільший крутний момент-1167Нм
- потужність головного привода-1,6 кВт.

3.1.2 Силовий розрахунок параметрів привода

Під час обробки в інструментальному оснащенні на заготовку діють сили обробки, об'ємні сили, нерівномірні сили, вторинні сили, сили затиску і реакції елементів інструментального оснащення. При цьому заготовка повинна бути збалансована. Всі ці сили є векторними величинами зі своїм напрямком і значенням. Розрахунок сил затиску зводиться до розв'язання задачі статичної рівноваги заготовки в пристосуванні під дією сил і моментів.

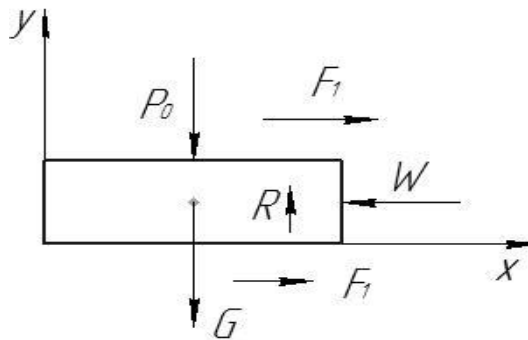


Рисунок 3.2.– Взаємодії сили різання і сил затиску на деталь

Запишемо рівняння рівноваги:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$W - F_1 - F_2 = 0$$

$$\Sigma F_y = -P - G + R = 0$$

Виконуємо заміну:

$$R = P + G; F_1 - F_2 = W;$$

$$F_1 = R \cdot f_1; F_2 = R \cdot f_2;$$

$$W = R \cdot f_1 + R \cdot f_2, R = P_o + G$$

$$W \geq (P_o + G) \cdot f_1 + P_o \cdot f_2$$

$$W \geq f_1 [P_o (G + 1)] = [638(11.2 + 1) = 77836,6 \cdot 0,15 = 1167,54 \text{ Нм}]$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | |

Для забезпечення затиску деталі з силою $W = 1167\text{Н}$ вибираємо пневмоциліндр. Розраховуємо параметри пневмоциліндра.

Діаметр поршня знаходимо за формолою:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.3)$$

Звідси отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \frac{4 \cdot 1167}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,9} = \sqrt{0,005} = 0,07\text{м} = 70\text{мм}$$

Остаточно розрахуємо сили на штоці поршневого пневмоприводу односторонньої дії:

- штовхаюча сила:

$$P_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14}{4} \cdot 0,1^2 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,9 = 2826\text{Н}.$$

- тяглова сила:

$$P'_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14}{4} \cdot (0,1^2 - 0,025^2) \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,9 = 2649\text{Н}.$$

3.1.3 Розрахунок на точність

Розрахунок похибки ε_{np} зводиться до віднімання з допуску виконуваного розміру всіх інших складових загальної похибки обробки [3]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2};$$

« $\delta = 0,22$ - допуск при обробці розміра заготовки (по 11 квалітету);

Приймаємо $k_T = 1,1$. [3]

$k_{T1} = 0,8 \dots 0,85$ - $k_{T1} = 0,82$. »[3]

$k_{T2} = 0,6 \dots 0,8$ - Приймаємо $k_{T2} = 0,7$. [3]

$\omega = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$ [3].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

При встановленні заготовки базовим отвором на циліндричний палець при посадці з зазором похибка базування буде обчислюватись за формулою [3]:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta}{2} + \Delta,$$

$\Delta = 0,05 \text{ мм}$ - діаметральний зазор;

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,3}{2} + 0,05 = 0,2 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_z = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$ - похибка закріплення.

$\varepsilon_y = 0,01 \div 0,02 \text{ мм}$ Приймаємо $\varepsilon_y = 0,015 \text{ мм}$.

Похибка від перекосу інструменту:

$$\varepsilon_n = \frac{2s_1 \cdot 0,3d}{l - 0,3d} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 0,3 \cdot 5}{14 - 0,3 \cdot 5} = 0,012 \text{ мм};$$

«де:

l - довжина направляючого елемента (кондукторної втулки), мм;

s_1 - односторонній максимальний радіальний зазор між втулкою і свердлом, мм;

d - діаметр свердла, мм.

Похибка, яка характеризує знос робочої поверхні опор при виконанні даної програми випуску »[4]:

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N = 0,002 \cdot 70000 = 0,14 \text{ мм},$$

де: β_2 - коефіцієнт опорних елементів. Для опорних пластин і циліндричних пальців приймаємо $\beta_2 = 0,002$.

$N = 75000$ шт

Значення підставляємо у формулу:

$$\varepsilon_{np} \leq 0,22 - 1,1 \cdot \sqrt{(0,82 \cdot 0,2)^2 + 0,1^2 + 0,015^2 + 0,14^2 + 0,012^2 + (0,7 \cdot 0,1)^2} = 0,03 \text{ мм},$$

що відповідає заданим умовам.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.1.4 Загальний опис конструкції, принцип дії

Пристосування встановлюється на верстат 2Н55. Його основу складають дві опорні плити 15 і циліндричні гладкі штифти 18. Заготовка закріплюється за допомогою пневмоциліндра 11, зусилля якого через важіль 7 передається на напрямну 2, на якій встановлена кондукторна плита 5. У вихідному положенні рукоятка 9 повернута вправо і затискна система втягнута вгору. При повороті рукоятки вліво затискна система опускається і заготовка затискається. Після цього у втулці 17 свердлять три отвори.

Коли обробка завершена і інструмент втягується, рукоятка знову повертається вправо, і заготовка розтискається. Затискна система відводиться вгору. Оброблена заготовка знімається з верстата.

3.2. Проектування контрольного пристрою

3.2.1 Проектування контрольного пристрою

Точність системи контролю залежить від точності вимірювальної головки, штатива і опорної плити, до якої кріпиться заготовка. Оскільки шорсткість поверхні пластини дуже мала, похибки позиціонування на ній незначні. Тоді, похибка вимірювання буде рівна:

$$\varepsilon_{\theta} = \sqrt{\varepsilon_2 + \varepsilon_{ш}} = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004 \text{ мм};$$

$\varepsilon_2 = 0,001 \text{ мм}$ – похибка вимірювальної головки;

$\varepsilon_{ш} = 0,004 \text{ мм}$ – похибка штативів.

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

3.2.2 Загальний опис конструкції, принцип дії

Контрольний пристрій призначений для перевірки допуску прямокутності торця заготовки відносно осі отвору. Блок контролю складається з корпусу 1, до якого гайкою 15 прикріплена стійка 4, яка з'єднана зі штативом 5, на якому

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

закріплений індикатор 9. Компоненти базуються на регульованих штифтах. Заготовка закріплюється за допомогою пневматичної камери 3, до якої подається стиснене повітря від входу 8. Робочий тиск пневмокамери становить 0,4 МПа. При перевірці допуску прямокутності торця заготовки по відношенню до осі отвору заготовка обертається за допомогою кулькових радіальних підшипників 19. Відстань від головки індикатора до контрольованої поверхні регулюється гвинтом 12. Ціна поділки індикатора становить 0,001 мм. Параметр контролю не повинен перевищувати 0,02 мм.

3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Для скорочення часу, необхідного для виготовлення деталей, слід використовувати спеціальні ріжучі інструменти. В якості спеціального інструменту використаємо шпонкову фрезу. Проведемо розрахунок шпонкової фрези: 1) Визначимо діаметр фрези, за ГОСТ 9140-98 знаходимо діаметр фрези, необхідної для обробки шпонкового паза 10 мм; 2) Геометричні параметри шпонкової фрези: $D=10$ мм - шпонкова фреза, число кроків $z=4$, головний кут $\varphi=85^\circ$, $\varphi=90^\circ$, $\varphi=95^\circ$, допоміжний кут $\varphi_1=2^\circ$, задній кут $\alpha=15^\circ$, кут нахилу різьби $\sigma=15^\circ$, кут різальної кромки $\sigma_1=15^\circ$.

3. Визначаємо режими різання за нормативами:

а) подача на оберт: $s = 0,10 \div 0,15$ мм / об. Приймаємо $s = 0,15$ мм / об.

б) швидкість головного руху дорівнює $V = 15$ м / хв.

4. Осьова складова сили різання:

$$P_o = 9,81 \cdot C_p \cdot D^x \cdot s^y \cdot K_{MP}; \quad (3.5)$$

За нормативами $C_p = 68$;

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{450}{750} \right)^{0,75} = 0,682;$$

$$P_o = 9,81 \cdot 68 \cdot 5 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,682 = 603 \text{ Н};$$

5. Крутний момент:

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | |

$$M_{кр} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^z \cdot s^y \cdot K_M; \quad (3.6)$$

За нормативами $C_M = 0,0345$; $z = 2$; $y = 0,8$.

$$M_{кр} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,682 = 1,3 \text{ Нм} \approx 1300 \text{ кгс} \cdot \text{мм}.$$

7. Зворотня конусність фрези на 100мм складає 0,03-0,08мм. Приймаємо зворотню конусність 0,03мм.

8. Ширину стрічки f_o і висоту затилування по спинці K нормативами $f_o = 0,7 \text{ мм}$; $K = 0,2 \text{ мм}$.

$$9. B = 0,58 \cdot D = 0,58 \cdot 5 = 2,9 \text{ мм}.$$

10. Діаметр конуса хвостовика:

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)}, \quad (3.7)$$

Кут θ для більшості конусів Морзе рівний приблизно $\theta = 1,5^\circ$; $\sin 1,5^\circ = 0,02618$; $\Delta \theta = 5'$ - відхилення кута конуса.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 1,3 \cdot 1,5^\circ}{0,096 \cdot 603 \cdot (1 - 0,2)} = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм}.$$

Довжину хвостовика приймаємо $l_x = 59,5 \text{ мм}$.

11. Геометричні елементи профіля фрези для фрезерування шпон паза визначаємо аналітичним способом.

Великий радіус профіля:

$$R_1 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D, \quad (3.8)$$

$$\text{де } C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt[3]{2\varphi}}{\varpi} = \frac{0,026 \cdot 2 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 118}}{30} = 0,5;$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot D}{d_c} \right)^{0,044} = \left(\frac{0,14 \cdot 5}{4,4} \right)^{0,044} = 0,92 \approx 1;$$

$$C_\phi = \left(\frac{13 \cdot \sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9}, \quad (3.9)$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | |

де $D_\phi = 13 \cdot \sqrt{D}$, тому $C_\phi = 1$.

Звідси

$$R_1 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5 = 2,5 \text{ мм.}$$

Менший радіус профіля:

$$R_2 = C_k \cdot D, \quad (3.10)$$

де $C_k = 0,015 \cdot \varpi^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192$.

Звідси

$$R_2 = 0,192 \cdot 5 = 0,96 \text{ мм.}$$

Ширина профіля дорівнює: $B = R_1 + R_2 = 2,5 + 0,96 = 3,46 \text{ мм.}$

Приймаємо $L = 93 \text{ мм}$, а довжину свердла $l = 36 \text{ мм}$.

12. Діаметр фрези приймаємо рівним $D = 10 \text{ мм}$.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

По фактичній трудомісткості уточнюємо тип виробництва [5]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_\partial \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (4.1)$$

Розрахунок проведемо для операції 010, для інших операцій розрахунки зведемо в таблицю 4.1.

$$m = \frac{75000 \cdot 1,14}{60 \cdot 4015 \cdot 0,7} = 0,507; P = 1$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розраховуємо фактичний коефіцієнт [13]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m}{P}$$

Якщо $\eta_{з.ф.} > \eta_{з.н.}$, поки не буде $\eta_{з.ф.} < \eta_{з.н.}$.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,507}{1} = 0,507; \quad (4.2)$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (4.3)$$

$$O = \frac{0,70}{0,507} = 1,38$$

Таблиця 4.1 – Визначення кількості верстатів та операцій

| Операції | Назва | $T_{ш-к}$ | m_p | P | $\eta_{з.ф.}$ | O |
|----------|-----------------------|-----------|-------|---|---------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 010 | Фрезерно-центрувальна | 1,14 | 0,507 | 1 | 0,507 | 1,38 |
| 015 | Автоматично токарна | 5,94 | 2,642 | 3 | 0,881 | 0,79 |
| 020 | Автоматично токарна | 1,90 | 0,845 | 1 | 0,845 | 0,83 |
| 025 | Токарно-копіювальна | 4,87 | 2,170 | 3 | 0,723 | 0,97 |
| 030 | Токарно-копіювальна | 1,90 | 0,845 | 1 | 0,845 | 0,83 |
| 035 | Радіально-свердлильна | 1,96 | 0,872 | 1 | 0,872 | 0,80 |
| 040 | Шліцефрезерувальна | 10,33 | 4,594 | 5 | 0,919 | 0,76 |
| 045 | Шліцефрезерування | 0,50 | 0,222 | 1 | 0,222 | 3,15 |
| 050 | Зубофрезерна | 16,50 | 7,339 | 8 | 0,917 | 0,76 |
| 055 | Зубофрезерна | 7,94 | 3,531 | 4 | 0,883 | 0,79 |
| 060 | Круглошліфувальна | 2,60 | 1,156 | 2 | 0,578 | 1,21 |
| 075 | Круглошліфувальна | 3,90 | 1,735 | 2 | 0,868 | 0,81 |

$$\sum O = 1,38 + 0,79 + 0,83 + 0,97 + 0,83 + 0,80 + 0,76 + 3,15 + 0,76 + 0,79 + 1,21 + 0,81 = 13,08$$

$$\sum P = 1 + 3 + 1 + 3 + 1 + 1 + 5 + 1 + 8 + 4 + 2 + 2 = 32$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{13,08}{32} = 0,409$$

Ми вибираємо масовий тип виробництва, оскільки масовим типом виробництва $K_{з.о.} = 0,1 \dots 1,0$; а у нашому випадку $K_{з.о.} = 0,409$.

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Кількість робітників визначається за формулою[7]:

$$P_{г} = M_{р.в.} \cdot m \cdot K_n, \quad (4.4)$$

$$M_{р.в.} = \frac{m_n}{K_m}. \quad (4.5)$$

де : $m_n = 32$

$K_m = 1,5 \div 1,8$. Приймаємо $K_m = 1,7$.

$$M_{р.в.} = \frac{32}{1,7} = 18,82 \approx 19.$$

$$P_{в} = P_c \cdot m \cdot K \quad (4.6)$$

$K = 1,1 \div 1,15$, приймаємо $K = 1,1$:

$$P_{в} = 12 \cdot 2 \cdot 1,1 = 26,4 \approx 27$$

- Базову кількість неверстатників важко стандартизувати і в принципі вона не визначена. Тому кількість неверстатників визначається як відсоток від кількості верстатників [7]:

- для масового виробництва $-H_{обс} = 6 \div 14\%$

$$P_{нев} = \frac{C_{п} \cdot S}{H_{обс}} = \frac{15 \cdot 2}{8} = 3,75 \approx 4$$

Кількість допоміжних робітників визначається на основі штатної чисельності на аналогічних виробничих ділянках. Дільниці з невеликою кількістю обладнання зазвичай обслуговуються загальним штатом допоміжних робітників.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці.

При розрахунку виробничої площі на місці використовується площа на одиницю обладнання, на одиницю робочого місця або на одиницю робітника. Виробнича площа компонента розраховується за такою формулою

$$F_{вир.} = \sum m_n \cdot F_{вер.д.} \quad (4.7)$$

«де:

m_n – кількість однотипного обладнання на дільниці;

$F_{вер.д.}$ – питома площа на 1 верстат»[6].

Розрахунок виробничої площі дільниці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок виробничої площі дільниці

| Назва операції | Обладнання | Площа на плані, мм ² | Питома виробнича площа, м ² | Загальна питома площа, м ² |
|------------------------|------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| Фрезерно-центрувальний | MP71 | 2840x 1400 | 11 | 11 |
| Токарно-копіювальний | 1722 | 3000x 1440 | 12 | 12 |
| Токарно-копіювальний | 1E713 | 2790x 1415 | 14 | 14 |

| | | | | |
|------------------------|-------|-------------|----|----|
| Радіально-свердлильний | 2H55 | 2445x 1000 | 11 | 11 |
| Шліце-фрезерувальний | 5350A | 2580 x 1500 | 10 | 10 |
| Шпоночно-фрезерний | 692M | 1400 x 900 | 9 | 9 |
| Зубофрезерна | 525 | 2200 x 1600 | 12 | 12 |
| Круглошлі-льна | 3A151 | 3100 x 2100 | 11 | 11 |

Загальна кількість обладнання – 8.

Загальна питома площа:

$$F_{\text{вир.}} = 11 + 12 + 14 + 11 + 10 + 9 + 12 + 11 = 90 \text{ м}^2$$

4.4. Розробка технологічного планування ділянки

При розміщенні обладнання слід дотримуватися таких критеріїв відстані: - відстань між верстатами та будівлями і колонами - відстань між верстатами в горизонтальному і вертикальному напрямках - розміри проходів і проїздів - розміщення обладнання в багатостанковому обслуговуванні. Планування ділянки слід виконувати, спочатку накресливши колони і стіни будівлі, а потім розмістивши шаблони обладнання. Потім наносяться робочі зони і зображення підйомно-транспортного обладнання, позначаються головні і виробничі проходи, визначаються їх розміри по горизонталі і вертикалі.

«На плані ділянки робоча зона умовно позначається у вигляді кола, причому половина кола затемнюється, а світлі ділянки звернені до обладнання. На одному аркуші паперу виконується план ділянки в масштабі 1:200. На ділянці є сім верстатів: три гвинторізних, один вертикально-фрезерний, один вертикально-свердлильний і два радіально-свердлильних. Тому вибирається сітка колон з шириною поперечного перерізу $L = 24$ м і кроком колон $t = 12$ м. Розміри поперечного перерізу основних колон складають $0,5 \times 0,5$ м» [7].

4.5. Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники зведемо у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники ділянки

| Найменування показників і одиниці вимірювань | По ділянці |
|--|----------------------|
| 1 | 2 |
| Загальні показники (основні дані) | |
| 1. Найменування виробу | Конічна вел шестерня |
| 2. Річна програма випуску, т. | 75 |
| 3. Працеемність виготовлення, год. | 7919,33 |

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | Арк. | |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | | | | | |

| | |
|---|---------------|
| 4. Кількість основного обладнання | |
| - дрібного | 3 |
| - середнього | 4 |
| - крупного | - |
| - особливо крупного | - |
| - всього | 7 |
| 5. Тип виробництва | Багатосерійне |
| 6. Кількість робітників, прац.: | |
| - основних | 10 |
| - допоміжних | - |
| - ІТП | - |
| - ЛКП | - |
| - МОП | - |
| - всього | - |
| 7. Виробничі площі, м ² : | |
| - основного виробництва | 85 |
| - допоміжного виробництва | |
| - складів і комор | |
| - магістральних проїздів | |
| - службово- побутових і адміністративних приміщень | |
| - всього | |
| Питомі показники (відносні) | |
| 1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання | 0,118 |
| 2. Питома площа на один основний верстат, м ² : | |
| - загальна | 12,9 |
| - виробнича | 11,2 |
| 3. Річний випуск на один основний верстат, верстато-год. | 1321 |
| 4. Річний випуск на одного основного робітника, верстато-год. | 750 |
| 5. Питома площа на одного основного робітника, м ² . | 6,2 |

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

З метою оцінки рівня аварійності в ПАТ «НЛМК» розраховуються показники частоти і тяжкості нещасних випадків: $P_{\text{чт.}} = 1000 \cdot 5 / 561 = 8,91$;

$$P_{\text{тт}} = 18 / 5 = 3,6.$$

Показник непрацездатності:

$$P_{\text{нп.}} = 1000 \cdot D / T; \quad (5.3)$$

$$P_{\text{нп.}} = 1000 \cdot 18 / 561 = 32,08 \text{ людино} - \text{днів}.$$

Інтенсивність захворюваності та захворюваності з тимчасовою втратою працездатності на 100 працівників, а також тривалість хвороби визначаються за такими рівняннями

$$P_{\text{із.}} = 100 \cdot C / P; \quad (5.4)$$

$$P_{\text{нп.}} = 1000 \cdot D / P; \quad (5.5)$$

$$P_{\text{мр.}} = D / C; \quad (5.6)$$

$$P_{\text{із.}} = 100 \cdot 449 / 561 = 80,036;$$

$$P_{\text{нп.}} = 1000 \cdot 5387 / 561 = 960,25;$$

$$P_{\text{мр.}} = 5387 / 449 = 11,99 \approx 12.$$

До них відносяться конденсація пилу, викиди парів і газів, надмірне виділення тепла, надмірне теплове випромінювання, підвищений рівень шуму і вібрації, електромагнітне випромінювання, підвищена напруга в електромережах і наявність рухомих машин і механізмів.

5.2. Аналіз стану пожежної безпеки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Відповідальність за пожежну безпеку на підприємствах, в установах та організаціях несуть їх керівники та уповноважені особи, якщо інше не передбачено відповідними договорами [8].

Керівник структурного підрозділу енергопідприємства та інші посадові особи з питань пожежної безпеки зобов'язані: - вживати невідкладних заходів та нормальної експлуатації технологічного обладнання відповідно до технічних вимог і проектних рішень, а також щодо усунення виявлених недоліків, які можуть призвести до пожежі або вибуху.

5.3. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Об'єктом дослідження є дільниця механічної обробки деталей типу «вал і шестерня». Виготовлені тут деталі обробляються на токарних, різьбонарізних, вертикально-фрезерних, вертикально-свердлильних та радіально-свердлильних верстатах. Процеси обробки включають точіння, фрезерування, свердління та зенкування. У цьому випадку слід проаналізувати всі небезпечні та шкідливі елементи, що впливають на оператора.

5.4. Заходи щодо поліпшення охорони праці та пожежної безпеки

У приміщеннях з великою площею застелених поверхонь слід вживати заходів для запобігання перегріву від прямих сонячних променів у теплий період (наприклад, орієнтація віконних прорізів зі сходу на захід, жалюзі) та радіаційного охолодження взимку (екранування робочих зон). Якщо температура внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій або застелення нижче або вище допустимого значення, робоча зона повинна бути відокремлена від неї не менше ніж на 1 м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проєкт механічної дільниці, призначеної для виготовлення конічного вала-шестерні в умовах масового виробництва із застосуванням групової форми організації праці. Основною метою роботи стало створення ефективної, технологічно обґрунтованої виробничої дільниці, здатної забезпечити високу якість обробки деталей при мінімальних витратах часу та ресурсів, з дотриманням вимог безпеки праці та стандартів екологічної безпеки.

Перш за все, у роботі здійснено всебічний аналіз конструкції конічного вала-шестерні як об'єкта виготовлення. Враховано конструкційні особливості, вимоги до точності, жорсткості, механічної міцності та зносостійкості. Було встановлено, що найбільш раціональним способом отримання заготовки є метод гарячого штампування. Даний метод забезпечує оптимальне використання металу, високу продуктивність та значне зменшення обсягу припусків на механічну обробку. Використання штампованих заготовок дозволяє значно підвищити економічність виробництва.

У технологічному розділі кваліфікаційної роботи розроблено повну послідовність механічної обробки деталі, яка охоплює токарні, фрезерні, свердлильні та контрольні операції. Зокрема, застосування токарно-гвинторізних верстатів дозволяє забезпечити базову обробку циліндричних поверхонь та отворів, тоді як вертикально-фрезерні верстати використовуються для формування шпонкових пазів і площин. Вертикально- і радіально-свердлильні верстати забезпечують виконання отворів з необхідною точністю й чистотою поверхні. Групова форма організації праці сприяє підвищенню ефективності використання обладнання, забезпечуючи збалансоване завантаження робочих місць та зниження втрат часу на переналагодження верстатів.

Проведено розрахунки припусків на механічну обробку, що дозволило визначити раціональні режими різання, мінімізувати об'єм зняття матеріалу й

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

підвищити загальну продуктивність обробки. Визначено технологічні норми часу для кожної операції, що є важливим чинником для нормування праці, планування виробництва та економічної оцінки ефективності дільниці.

Особлива увага у роботі приділяється питанням оснащення виробництва. Розроблено та обґрунтовано вибір спеціальних пристосувань для виконання свердлильних операцій, що дозволяють забезпечити точне позиціонування деталі, зменшити час на встановлення та підвищити безпеку оператора. Також здійснено проектування контрольного пристрою для перевірки геометричних параметрів деталі після обробки. Впровадження таких пристроїв сприяє автоматизації контролю якості, підвищенню надійності виявлення дефектів та зниженню дефекту.

У розділі, присвяченому охороні праці, було проведено ґрунтовний аналіз умов роботи на механічній дільниці. Виявлено основні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори: вплив шуму, вібрацій, зони обертання різального інструменту, підвищений ризик порізів і травм через обробку металевих заготовок. Оцінено рівень професійного ризику та розраховано коефіцієнт травматизму. Запропоновано низку заходів з метою покращення умов праці: впровадження системи локального відсмоктування стружки, застосування звукопоглинальних екранів, підвищення рівня інформування працівників про правила техніки безпеки. Розроблено план евакуації та проаналізовано стан пожежної безпеки дільниці, зокрема, укомплектованість засобами первинного пожежогасіння та шляхи евакуації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. – Тернопіль : 2022. – 42 с.

9. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Сенчишин В.С. – Тернопіль : 2021. – 36 с.

10. Курепін В. М. К93 Основи охорони праці: навчальний посібник для студентів закладів вищої освіти аграрної галузі. Миколаїв : МНАУ, 2022. 347 с.

11. Єгіазарян А. С. Умови праці та фактори їх формування. Перспективна техніка і технології – 2021 : матеріали XVII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 21-23 вересня 2021 р., м. Миколаїв. Т. 1 / Міністерство освіти і науки України ; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 40-43.

12. Основи охорони праці: змістовий модуль 1. «Правові та організаційні основи охорони праці». Тема 2. «Правові та організаційні основи охорони праці». конспект лекції / уклад. В. М. Курепін. – Миколаїв : МНАУ, 2021. – 25 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 014Б-25.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |