

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»
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «Скоба»**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

Групи: ІМ-41

Бодялов Петро Русланович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Зубовецька Наталія Тарасівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

АНОТАЦІЯ

Бодялов П.Р. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі скоба.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У даній випускній роботі на тему: “Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки скоба ” розроблено дільницю по виготовленню лопатки з детальною розробкою її технологічного процесу.

У пояснювальній записці розроблено технологічний процес виготовлення деталі скоба., розроблено конструкції верстатного та контрольного пристрою, розроблено дільницю по виготовленню даної деталі.

Виконаний розділ з охорони праці. Обґрунтування актуальності вирішення питань охорони праці.

Ключові слова: скоба , карта налагодження, верстатний пристрій, дільниця, вібрація, шум.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 3 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ANNOTATION

Bodyalov P.R. Design of a section with the development of a technological process for mechanical processing of a bracket part.

Bachelor's qualification work OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions, a list of sources used, appendices.

In this graduation work on the topic: “Design of a section with the development of a technological process for mechanical processing of a bracket ” a section for the manufacture of a blade with a detailed development of its technological process has been developed.

In the explanatory note, the technological process for manufacturing a bracket part has been developed., the designs of the machine tool and control device have been developed, the section for the manufacture of this part has been developed.

A section on labor protection has been completed. Justification of the relevance of solving labor protection issues.

Keywords: clamp, adjustment map, machine tool, section, vibration, noise.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 4 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА | 7 |
| 1.1 Характеристика виробництва скоби та службове призначення і, аналіз технічних умов для деталі | 7 |
| 1.2 Вибір методу одержання заготовки | 7 |
| 1.3 Методи обробки поверхонь | 8 |
| 1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва | 10 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 15 |
| 2.1 Аналіз технологічності конструкції скоби | 15 |
| 2.2 Вибір технологічних баз | 16 |
| 2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу | 20 |
| 2.5 Вибір обладнання, розрахунок режимів різання | 23 |
| 2.6 Нормування технологічного процесу | 36 |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА | 39 |
| 3.1. Проектування технологічного оснащення | 39 |
| 3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою, структурної схеми | 39 |
| 3.1.2 Силовий розрахунок параметрів приводу | 39 |
| 3.1.3 Розрахунок пристрою на точність | 40 |
| 3.2 Розрахунок на точність контрольного пристрою | 41 |
| 4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ | 46 |
| 4.1 Уточнення типу виробництва | 46 |
| 4.2 Визначення кількості робітників на дільниці | 48 |
| 4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці | 51 |
| 4.4 Розробка технологічного планування дільниці | 52 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ | 53 |
| 5.1 Фактори виробничого середовища, які впливають на працівників | 53 |
| в процесі їх роботи | 53 |
| 5.2 Заходи для покращення умов і безпеки праці | 54 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 56 |
| ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ | 1 |
| <i>Факультет</i> <i>Транспорту та механічної інженерії</i> | 1 |
| <i>Кафедра</i> <i>Прикладної механіки та мехатроніки</i> | 1 |
| ЗАВДАННЯ | 1 |

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні якість та ефективність виробничих процесів відіграють ключову роль у створенні надійної та довговічної продукції. Одним із найважливіших елементів, що використовуються в різних галузях промисловості, є скоба. Вона виконує функції фіксації та кріплення деталей у складних механічних конструкціях, тому до її точності та міцності висуваються високі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИМОГИ.

Успішне виготовлення скоби залежить від правильного вибору матеріалу, оптимального методу отримання заготовки та ефективної технології механічної обробки. Важливим аспектом є використання сучасних технологічних рішень, які дозволяють підвищити якість продукції та знизити витрати виробництва. У роботі розглядаються ключові етапи створення деталі: від аналізу вимог до матеріалу й вибору методу обробки до організації виробничого процесу та забезпечення безпеки праці.

Основна мета дослідження – розробка технологічного процесу виготовлення скоби, що відповідатиме сучасним вимогам машинобудування. Для цього проведено аналіз можливих методів обробки, обґрунтовано вибір технологічних баз, спроектовано оснащення та виконано розрахунки, необхідні для ефективної організації виробництва. Впровадження розроблених технологічних рішень сприятиме покращенню якості деталей, підвищенню продуктивності праці та зменшенню виробничих витрат.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика виробництва скоби та службове призначення і, аналіз технічних умов для деталі

Деталь, для якої проектується технологічний процес виготовлення, є скобою. Подібні деталі застосовуються в машинобудуванні для кріплення та фіксації різних елементів конструкцій. Основні вимоги до деталі — висока точність виготовлення, міцність та надійність з'єднання.

Скоба працює в умовах динамічних навантажень, тому важливо дотримуватися високих вимог до її геометричної точності та шорсткості поверхонь.

Матеріал деталі — сталь 38Х (ГОСТ 4543-2016). Ця сталь відноситься до легованих конструкційних сталей з підвищеною твердістю та зносостійкістю. Вона добре піддається механічній обробці та термічному зміцненню.

Властивості матеріалу:

Твердість: 230-280 НВ

Міцність: висока

Стійкість до зношування: підвищена

Легуючі елементи: хром, марганець

1.2 Вибір методу одержання заготовки

При виборі заготовки для даної деталі необхідно визначити метод її отримання, геометричні параметри, допуски та припуски на механічну обробку.

Основні технологічні процеси отримання заготовок визначаються матеріалом деталі, її конструкцією та умовами експлуатації. У випадку скоби найбільш раціональним методом є гаряче штампування, що дозволяє отримати заготовку з необхідною міцністю та мінімальними витратами матеріалу.

Гаряче штампування забезпечує:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Високу механічну міцність
 Оптимальне розташування волокон у металі
 Зниження витрат на механічну обробку

Після штампування виконується механічна обробка, що включає точне розточування отворів, фрезерування пазів та контроль геометричних параметрів.

Основні показники точності заготовки:

- Точність розмірів: IT12
- Шорсткість поверхонь: Rz = 80

Таким чином, обраний метод отримання заготовки забезпечує відповідність деталі всім вимогам креслення та її функціонального призначення.

1.3 Методи обробки поверхонь

Метод обробки поверхонь заготовки визначається службовим призначенням деталі, функціональними особливостями її поверхонь, а також вимогами до точності, шорсткості та геометричної форми.

Уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_d} \quad (1.1)$$

де: T_z – допуск розміру заготовки;

T_d – допуск розміру готової деталі.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів:

$$n = \frac{\lg E}{0.46} \quad (1.2)$$

Дані для розрахунку:

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_d} = \frac{360}{58} = 6,2$$

$$n = \frac{\lg \varepsilon}{0.46} = \frac{\lg 6,2}{0.46} = 1,72$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------|
| | | | | | | Арк. 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Приймаємо $n=2$ ступені обробки.

Таблиця 1.3 - Загальне уточнення

| Розмір | Квалітет | Допуск | Е | N |
|--------|----------|--------|------|---|
| Ø60 | H10 | 740 | 6,16 | 2 |
| Ø35 | H7 | 620 | 24,8 | 3 |
| Ø12 | H7 | 360 | 6,2 | 2 |
| Ø30 | H10 | 520 | 6,19 | 2 |

Зважаючи на зниження шорсткості та підвищення точності в ході механічної обробки, розподіляємо параметри точності та шорсткості за переходами.



Рисунок 1.1 Обробка основних поверхонь деталі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.4 – Плани обробки основних поверхонь деталі

| № | Характеристики деталі | Заготовка | 1 операція | 2 операція |
|---|-----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 25h12, Ra 0.63 | IT12, Rz 160 | Чорнове точіння | Чистове точіння |
| 2 | 1.5h7, Ra 0.63 | IT12, Rz 160 | Чорнове фрезерування | Чистове фрезерування |
| 3 | 31h7, Ra 0.63 | IT12, Rz 160 | Чорнове фрезерування | Чистове фрезерування |
| 4 | 12h7, Ra 0.63 | IT12, Rz 160 | Чорнове точіння | Чистове точіння |

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Коефіцієнт закріплення операції визначаємо за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P} \quad (1.3)$$

де O – число операцій; P – кількість місць. Кількість робочих місць визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} \quad (1.4)$$

де N= 275700 - річна програма випуску, шт.;

$T_{ш-к}$ - штучно-калькуляційний час, хв;

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

φ - коефіцієнт, що залежить від типу виробництва і методу обробки поверхні;

F_d - дійсний річний фонд $F_d=4029$ год;

$\eta_{з.н.} = 0.8$.

T_0 - основний технологічний час.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час відповідно визначаємо:

005 Токарна операція :

1. Точити поверхню А начорно;

$$T_{01} = 0,17 \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 46 \cdot 10^{-3} = 0,78 \text{хв} \quad (1.6)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.Точити поверхню А начисто

$$T_{02} = 0,1 \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 46 \cdot 10^{-3} = 0,46\text{хв} \quad (1.7)$$

Визначаємо основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,78 + 0,46 = 1,24\text{хв} \quad (1.8)$$

$$T_{\text{шк}} = 1,36 \cdot 1,24 = 1,69\text{хв} \quad (1.9)$$

010 Горизонтально-фрезерна операція:

1. Фрезерувати поверхню Б начорно;

$$T_{01} = 7 \cdot L \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 34 \cdot 10^{-3} = 2,38\text{хв} \quad (1.10)$$

2. Фрезерувати поверхню Б начисто;

$$T_{02} = 4 \cdot L \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 34 \cdot 10^{-3} = 1,36 \text{ хв} \quad (1.11)$$

Визначаємо основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 2,38 + 1,36 = 3,74\text{хв} \quad (1.12)$$

$$T_{\text{шк}} = 1,31 \cdot 3,74 = 4,9\text{хв} \quad (1.13)$$

015Вертикально-фрезерна операція:

1.Фрезерувати поверхню В начорно;

$$T_{01} = 7 \cdot L \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 3,36\text{хв} \quad (1.14)$$

2.Фрезерувати поверхню В начисто;

$$T_{02} = 4 \cdot L \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 1,92 \text{ хв} \quad (1.15)$$

Визначаємо основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 3,36 + 1,92 = 5,28\text{хв} \quad (1.16)$$

$$T_{\text{шк}} = 1,31 \cdot 5,28 = 6,92\text{хв} \quad (1.17)$$

020 Токарна операція :

1. Точити отвір $\varnothing 28$ начорно;

$$T_{01} = 0,17 \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0,48\text{хв} \quad (1.18)$$

2.Точити отвір $\varnothing 28$ начисто

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$T_{02} = 0,1 \cdot L \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0,28 \text{ хв} \quad (1.19)$$

Визначаємо основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,48 + 0,28 = 0,76 \text{ хв} \quad (1.20)$$

$$T_{\text{шк}} = 1,36 \cdot 0,76 = 1,03 \text{ хв} \quad (1.21)$$

Результати необхідно записати в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5-Норми часу по операціях

| Номер операції | T ₀ , хв | T _д , хв | | | T _{обстл} , хв | T _{відп} , хв | T _{шк} , хв |
|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| | | T _{уст} , хв | T _{упр} , хв | T _{вим} , хв | | | |
| 005 | 1,24 | 0,8 | 0,04 | 0,16 | 1,2 | 0,02 | 1,69 |
| 010 | 3,74 | 0,8 | 0,04 | 0,16 | 1,2 | 0,02 | 4,9 |
| 015 | 5,28 | 0,8 | 0,04 | 0,16 | 1,2 | 0,02 | 6,92 |
| 020 | 0,76 | 0,8 | 0,04 | 0,16 | 1,2 | 0,02 | 1,03 |

Для визначення форми організації виробництва треба співставити середню норму часу $T_{\text{шк-сер}}$ з розрахунковим тактом випуску n :

$$T_{\text{шк}} = \frac{\sum T_{\text{шк}}}{n} = \frac{14,54}{4} = 3,64 \text{ хв} \quad (1.25)$$

Вибираємо $\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$

Розрахункова кількість обладнання, необхідну для виконання кожної операції, визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{ш-к}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{з.н.}}} \quad (1.26)$$

де $N = 275700$ - річна програма випуску, шт.;

$T_{\text{ш-к}}$ - штучно-калькуляційний час, хв; $T_{\text{ш-к}} = T_0 \cdot \varphi$

φ - коефіцієнт, що залежить від типу виробництва і методу обробки поверхні;

F_d - дійсний річний фонд ($F_d = 4029$ год);

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

T_0 - основний технологічний час.

$$m_p = \frac{275700 \cdot 1,69}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 2,35 \rightarrow 3$$

$$m_p = \frac{275700 \cdot 4,9}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 6,8 \rightarrow 7$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$m_p = \frac{275700 \cdot 6,92}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 9,6 \rightarrow 10$$

$$m_p = \frac{275700 \cdot 1,03}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 1,44 \rightarrow 2$$

Дійсний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$\eta_{з.д.} = \frac{m_p}{p}$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{2,35}{3} = 0,78$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{6,8}{7} = 0,97$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{9,6}{10} = 0,96$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{1,44}{2} = 0,72$$

Кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні визначаємо за формулою: $O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,78} = 1,03; \text{ приймаємо } 1$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,97} = 0,82; \text{ приймаємо } 1$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,96} = 0,83; \text{ приймаємо } 1$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,72} = 0,11; \text{ приймаємо } 1$$

Таблиця 1.6-Зведення основних даних.

| Операція | T _{ш-к} | m _p | P | η з.ф. | O |
|----------|------------------|----------------|----|--------|---|
| 005 | 1,69 | 2,35 | 3 | 0,78 | 1 |
| 010 | 4,9 | 6,8 | 7 | 0,97 | 1 |
| 015 | 6,92 | 9,6 | 10 | 0,96 | 1 |
| 020 | 1,03 | 1,44 | 2 | 0,72 | 1 |
| Σ | 14,54 | | 22 | 3,43 | 4 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Коефіцієнт закріплення операції визначаємо за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{4}{22} = 0,18$$

Оскільки $K_{з.о.} < 1$ то приймаємо масовий тип виробництва.

Добовий випуск виробів визначаємо за формулою:

$$N_c = \frac{N}{256} = \frac{275700}{256} = 1076.95 \text{ шт}$$

де $N = 275700$ - річна програма випуску, шт.

256 – робочі дні у році.

Добову продуктивність поточної лінії визначаємо за формулою:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{шк-с}} \cdot \eta_{з.ф.ср} = \frac{952}{3,64} \cdot 0,86 = 305 \text{ шт}$$

F_c - при 2-х змінній роботі, $F_c = 952$ хв.;

$$T_{шк-с} = \frac{\sum T_{шт.сеп}}{n} = \frac{14,54}{4} = 3,64$$

де n – кількість операцій;

$$\eta_{з.ф.ср} = \frac{\sum \eta_{з.ф.}}{n} = \frac{3,43}{4} = 0,86$$

Оскільки добовий випуск виробів більший добової продуктивності групової лінії, тоді ми застосовуємо потокову форму організації виробництва.

$$N_c > Q_c \cdot 0,6$$

$$1076.95 > 305 \cdot 0,6 = 183;$$

Форма організації виробництва потокова .

Розраховуємо такт випуску виробів при такому виді виробництва:

$$t = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{275700} = 0,8 \text{ хв}$$

$F_d = 4029$ год - дійсний річний фонд роботи пристроїв.

N - програма випуску.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції скоби

Будь-який технологічний процес (ТП) розробляють на основі існуючого типового або групового ТП. Маршрутна технологія залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі та вимог до її точності. Основні технологічні бази обробляють на перших 1-2 операціях, базуючи по чорнових поверхнях. Далі виконують операції формоутворення до стадії чистової обробки (точність 7–9-го квалітету). Потім здійснюють операції місцевої обробки на раніше оброблених поверхнях. Основні відповідальні поверхні (отвори та площини сполучення) обробляються з точністю 7-го квалітету. На завершальному етапі виконують додаткову обробку поверхонь з параметром шорсткості $Ra = 0,63$ мкм і менше.

З огляду на робочі умови деталі (скоби), її технологічні параметри визначаються конструктором та регламентуються стандартами. Якісна оцінка технологічності визначається за матеріалом (сталь 38Х ГОСТ 4543-2016), формою, точністю та методами отримання заготовки (механічна обробка після лиття або прокату).

Кількісна оцінка визначається абсолютними та відносними показниками:

- коефіцієнт точності обробки;
- коефіцієнт шорсткості;
- коефіцієнт використання матеріалу.

1. Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}$$

Де A_{cp} - середній квалітет

$$A_{cp} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{19}}{\sum n_1}$$

$n_1 \dots n_{19}$ - кількість розмірів відповідного квалітету;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$A_{\text{cp}} = \frac{7 \cdot 13 + 8 \cdot 7 + 4 \cdot 12}{15} = 9,4$$

$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{9,4} = 0,89 > 0,8$, отже, наша деталь технологічна.

2. Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{cp}}}$$

Ш_{cp} – середня шорсткість поверхонь;

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}}{\sum n_i}$$

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{5 \cdot 0,63 + 10 \cdot 0,8}{15} = 0,74$$

$K_{\text{ш}} = \frac{1}{0,74} = 1,35 > 0,32$ – отже, наша деталь технологічна.

3. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{м.м}} = \frac{Q_{\text{дет.}}}{Q_{\text{заг.}}} = \frac{1,84}{2,17} = 0,85 \geq 0,8$$
 – отже, наша деталь технологічна.

$Q_{\text{дет.}}$ - маса деталі;

$Q_{\text{заг.}}$ - маса заготовки.

2.2 Вибір технологічних баз

Найскладніший розділ проектування технологічного процесу – це вибір і технологічне обґрунтування технологічних баз. Розробка маршруту і вибору баз повинна проводитись паралельно.

Очікувана похибка обробки:

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

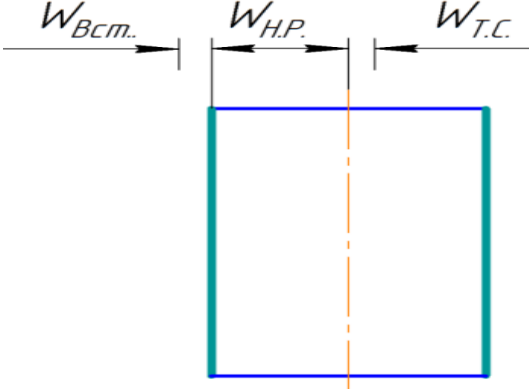
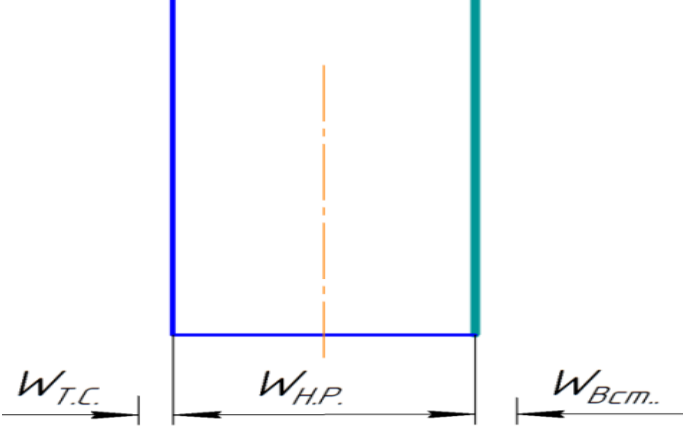
Похибка потрібного настроюваного розміру і похибка технологічної системи в сумі мають дорівнювати середній статичній точності.

Похибка установки:

$$A_{\text{уст.}} = \sqrt{A_6^2 + A_{\text{закр.}}^2}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 2.1- Похибка обробки

| Ескіз операції | Розрахунок |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">1</p>  | $W_{\text{Аоп}} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{втс}} + W_{\text{тс}} = 0,22\text{мм}$ $W_{\text{втс}} = 0.11\text{мм}$ $W_{\text{н.р.}} + W_{\text{тс}} = W_{\text{с}}$ $W_{\text{с}} = 0,11\text{мм}$ |
|  | $W_{\text{Аоп}} = W_{\text{н.р.}} + W_{\text{втс}} + W_{\text{тс}} = 0,25\text{мм}$ $W_{\text{втс}} = 0,05\text{мм}$ $W_{\text{н.р.}} + W_{\text{тс}} = W_{\text{с}}$ $W_{\text{с}} = 0,2\text{мм}$ |

2.3 Розрахунок припусків і визначення допусків на технологічні розміри

Припуск розрахунково-аналітичним методом розраховується на точнішу поверхню деталі. На інші поверхні – назначаються відповідно до ДСТУ. Поверхня для розрахунку припуску - торець 1 35Н7.

Розрахунок припуску звести в таблицю 2.2

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | | | Арк. 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

Таблиця 2.2 – Визначення припусків та міжопераційних розмірів

| Технологічні переходи обробки поверхні | Елементи припуску | | | | Розр. При-Пуск, мкм | Доп-уск, мкм | Макс. Допустимий розмір, мм | | Макс. Допустиме значення припусків | |
|--|-------------------|-----------|--------------|---------------|---------------------|--------------|-----------------------------|-----------|------------------------------------|----------------|
| | $R_{z_{i-1}}$ | h_{i-1} | ρ_{i-1} | ε | | | l_{min} | l_{max} | $Z_{min}^{пр}$ | $Z_{max}^{пр}$ |
| Заготовка | 80 | 60 | - | - | 500 | 280 | 34,82 | 35,15 | - | - |
| Чорнове точіння | 60 | 40 | 30 | 80 | 300 | 150 | 34,92 | 35,08 | 180 | 500 |
| Чистове точіння | 30 | 20 | - | 50 | 150 | 80 | 34,98 | 35,02 | 100 | 230 |

Загальне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається:

$$\rho_z = \rho_{кор.}$$

Короблення слід розраховувати за формулою:

$$\rho_{кор.} = \Delta_k \cdot L = 0.9 \cdot 35 = 31,5 \text{ мкм}$$

$\varepsilon = 80 \text{ мм}$ - похибка на чорнове точіння;

На основі записаних в таблиці даних здійснюємо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

$$2 \cdot Z_{min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2})$$

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$2 \cdot Z_{min1} = 2 \cdot (60 + 40 + \sqrt{30^2 + 80^2}) = 2 \cdot 180 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$2 \cdot Z_{min2} = 2 \cdot (30 + 20 + \sqrt{0^2 + 50^2}) = 2 \cdot 100 \text{ мкм}$$

Розмір l починається з кінця, з розміру 35,02 мм, дослідним відхиленням разового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$l_{p3} = 35,02$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | | | Арк. 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

$$l_{p2} = l_{p3} - 2Z_{min2}^{pp} = 35,02 - 2 \cdot 0,1 = 34,92$$

$$l_{p1} = l_{p2} - 2Z_{min1}^{pp} = 34,92 - 2 \cdot 0,18 = 34,56$$

Граничні розміри розраховуємо таким чином:

l_{max} - з разового розміру l округленням до точності допуску відповідного переходу;

l_{min} - з найбільшого граничного розміру відніманням допуску відповідного переходу.

Таким чином:

Для чистового точіння:

$$l_{max} = 35,02$$

$$l_{min} = 35,02 - 0,04 = 34,98$$

Для чорнового точіння:

$$l_{max} = 34,92$$

$$l_{min} = 34,92 - 0,04 = 34,98$$

Для заготовки:

$$l_{max} = 34,85$$

$$l_{min} = 34,85 - 0,30 = 34,55$$

Значення припусків $2Z_{min}^{pp}$ будуть рівні різниці найбільших граничних розмірів певного переходу з попереднього, а максимальне значення $2Z_{max}^{pp}$ відповідно різниці найменших граничних розмірів. Тоді:

Для чистового точіння:

$$2Z_{min}^{pp} = 35,02 - 34,92 = 0,10\text{мм} = 100\text{мкм}$$

$$2Z_{max}^{pp} = 34,98 - 34,76 = 0,22\text{мм} = 220\text{мкм}$$

Для чорнового точіння:

$$2Z_{min}^{pp} = 34,92 - 34,85 = 0,07\text{мм} = 70\text{мкм}$$

$$2Z_{max}^{pp} = 34,76 - 34,55 = 0,21\text{мм} = 210\text{мкм}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Припуски $2Z_{min}^{np}$ і $2Z_{max}^{np}$ отримуємо:

$$2Z_{min}^{np} = 100 + 70 = 170\text{мкм}$$

$$2Z_{max}^{np} = 220 + 210 = 430\text{мкм}$$

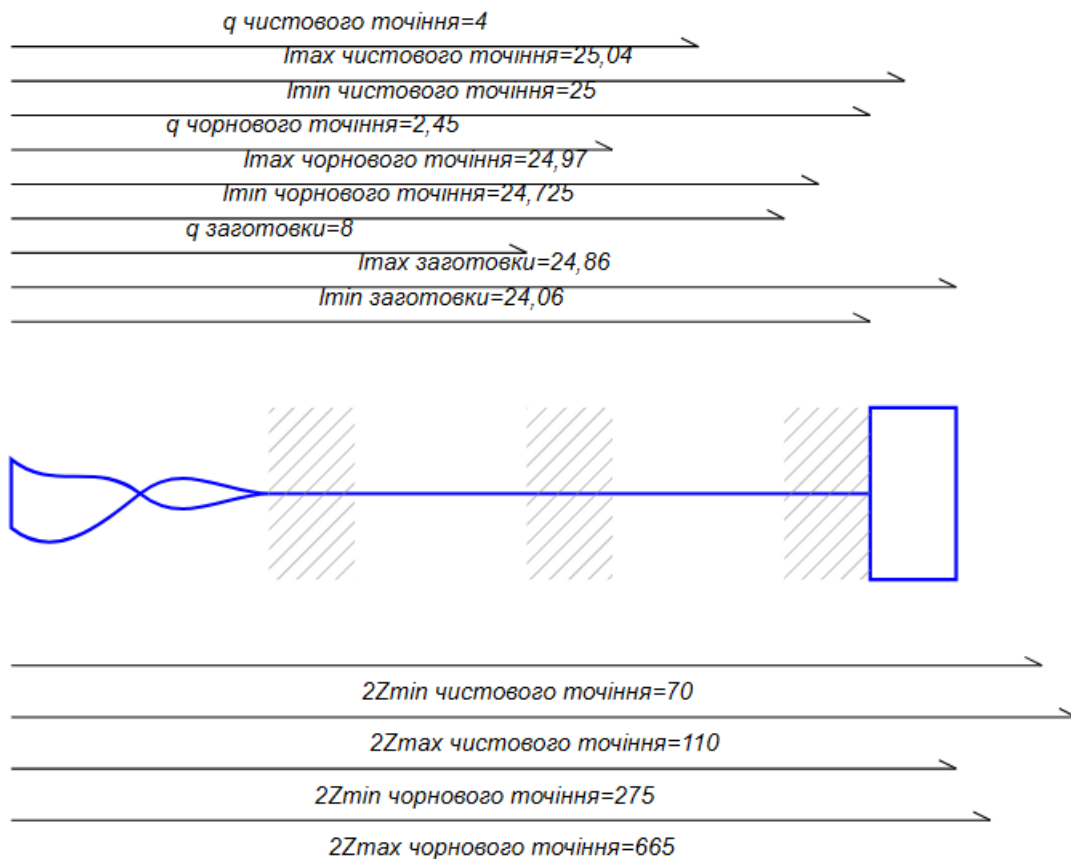


Рисунок 2.1 – Розміщення припусків на обробку торця l 35H7

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

За допомогою даного методу будемо визначати розміри заготовки і розміри припусків для технологічних операцій.

$$A_{01} = 160H12({}_0^{+0.4})$$

$$A_{02} = 124H12({}_0^{+0.4})$$

$$A_{03} = 38.51H12({}_0^{+0.25})$$

$$A_{04} = 122.5H12({}_0^{+0.4})$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$A_{010.1} = 157.5H11(+0.25)_0$$

$$A_{010.2} = 122.5H11(+0.25)_0$$

$$A_{025.1} = 37H11(+0.16)_0$$

$$A_{020.1} = 120H11(+0.22)_0$$

$$Z_{005.1}^H = A_{01} - A_{010.1} = 160 - 157.5 = 2.5\text{мм}$$

$$Z_{005.1}^{max} = A_{01}^{max} - A_{005.1}^{min} = 124 - 122.5 = 1.5\text{мм}$$

$$Z_{005.1}^{min} = A_{01}^{min} - A_{005.1}^{max} = 38.51 - 37 = 1.5\text{мм}$$

$$Z_{005.1}^H = (+0.06_{-0.01})\text{мм}$$

$$Z_{025.1}^H = A_{025.1} - l_1 - l_2 - A_{04} = 37 - 0 - 0 - 34.5 = 2.5\text{мм}$$

$$Z_{025.1}^{max} = A_{025.1}^{max} - l_1 - l_2 - A_{04}^{min} = 37.61 - 0.06 - 0.06 - 34.5 = 1.99\text{мм}$$

$$Z_{025.1}^{min} = A_{025.1}^{min} - l_1 - l_2 - A_{04}^{max} = 37 - 0.06 - 0.06 - 34.36 = 2.52\text{мм}$$

$$Z_{025.1}^H = 2.5(+0.01_{-0.02})\text{мм}$$

$$Z_{020.1}^H = A_{020.1} - l_1 - l_2 - A_{03} = 120 - 0 - 0 - 118.5 = 1.5\text{мм}$$

$$Z_{020.1}^{max} = A_{020.1}^{max} - l_1 - l_2 - A_{03}^{min} = 120 - 0.06 - 0.06 - 118 = 1.88\text{мм}$$

$$Z_{020.1}^{min} = A_{020.1}^{min} - l_1 - l_2 - A_{03}^{max} = 120 - 0.06 - 0.06 - 118.36 = 1.52\text{мм}$$

$$Z_{025.1}^H = 1.5(+0.01_{-0.01})\text{мм}$$

Запропонований варіант може бути прийнятий, так як якісний аналіз розмірної схеми граф-дерева (рис.2.1 і рис.2.2.) та ланцюгів в осьовому і радіальному напрямках показує правильність розрахунків.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

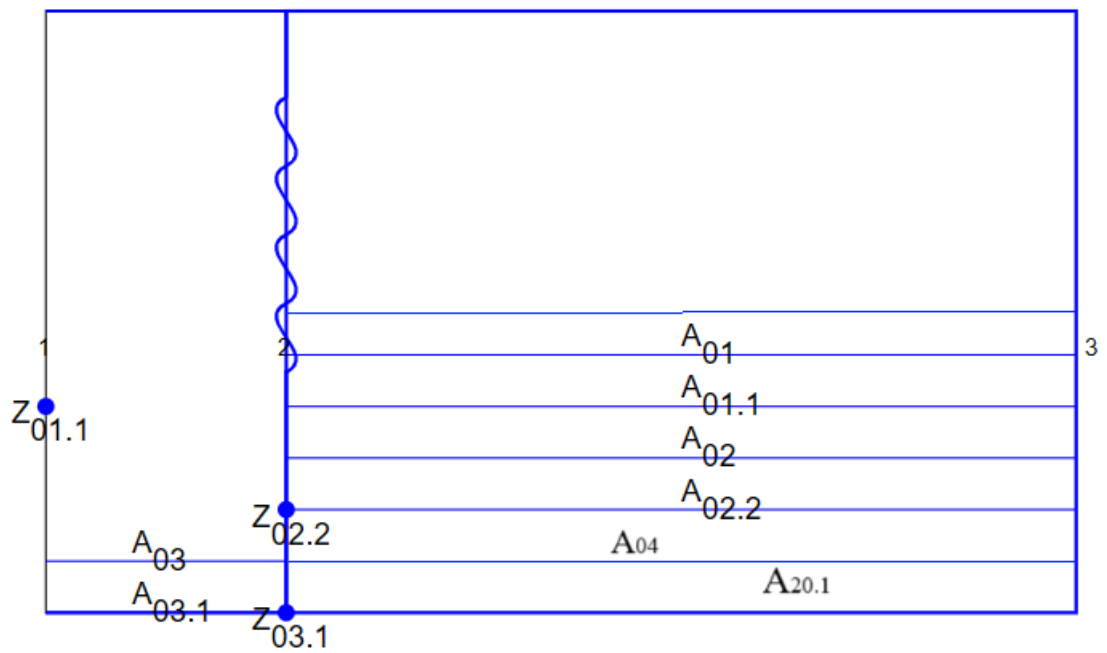


Рисунок 2.2 – Розмірна схема лінійна розмірів

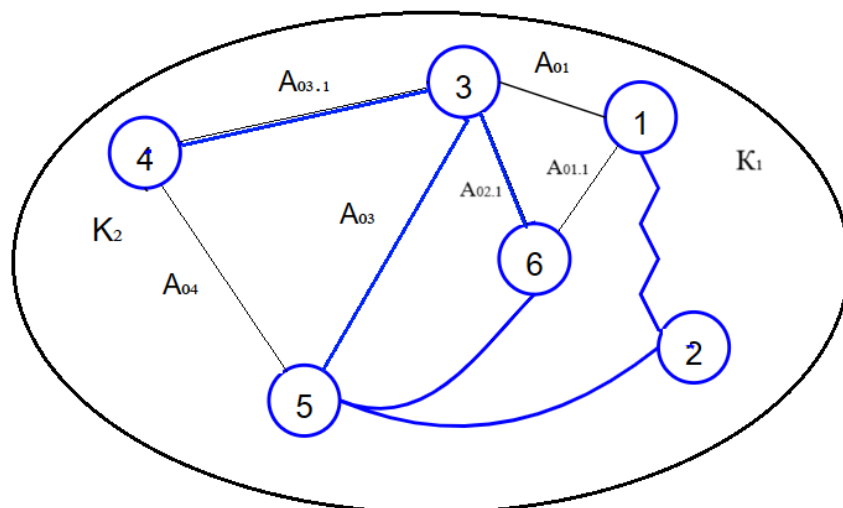


Рисунок 2.3 – Граф-дерево комплексної схеми обробки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.5 Вибір обладнання, розрахунок режимів різання

Характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан заготовки, тип і стан обладнання враховується при призначенні елементів режимів різання.

А саме, глибина різання при чорновій обробці призначається максимальною, тобто рівною всьому припуску на обробку.

Так як і подача - при чорновій обробці вибирають максимальну, виходячи з шорсткості і міцності; потужності привода верстата; при чистовій обробці - від потрібного степеню точності і шорсткості поверхні.

Розраховуємо режими різання для деталі «Скоба» зі сталі 38ХС ГОСТ 4543-2016.

Глибина різання: (2 проходи)

$t=2$ мм;

005 Токарна операція

1. Точити поверхню 1 начорно:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

Поправочний коефіцієнт K_{mv} , враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання визначається:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750$ МПа

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності.

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чорновій обробці – $S=0.7$ мм/об.

-Глибина різання при чорновій обробці – $t=1.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=45$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$C_v = 340$; $m=0,20$; $x=0,15$; $y=0,45$; $u=1,1$; $p=0$; $q=0,2$;

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{340}{45^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 1 = 172 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 172}{3,14 \cdot 25} = 2191 \text{ об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання , приймаємо

$n=2000$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при точінні: $C_p = 300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0.15$ $u=1,1$; $w=0,2$; $q=1,3$;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{230}{750} \right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1.25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0.7 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1 = 0.87$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1.75^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 172^{-0.15} \cdot 0.87 = 1615H$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1615 \cdot 172}{1020 \cdot 60} = 4.5 \text{ кВт}$$

2. Точити поверхню 1 начисто:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

Поправочний коефіцієнт K_{mv} , враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання визначається:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750$ МПа

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності.

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чистовій обробці – $S=0.3$ мм/об.

-Глибина різання при чистовій обробці – $t=0.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=45$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$C_v = 420$; $m=0,20$; $x=0,15$; $y=0,20$;

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 1 = 260 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 260}{3,14 \cdot 25} = 3312 \text{об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання, приймаємо

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$n=3500$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при точінні: $C_p = 300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0,15$ $u=1,1$; $w=0,2$; $q=1,3$;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{230}{750}\right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1,25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,87$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 260^{-0,15} \cdot 0,87 = 345H$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{345 \cdot 260}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

010 Горизонтально-фрезерна операція

1. Фрезувати пов. 2 начорно:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750$ МПа

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по обрблюваності.

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------|
| | | | | | Арк. 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чорновій обробці – $S=0.18$ мм/об.

-Глибина різання при чорновій обробці – $t=1.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=35$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$$C_v = 420; \quad m=0,20; \quad x=0,15; \quad y=0,20;$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{420}{35^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 0,18^{0,20}} \cdot 1 = 267 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 267}{3,14 \cdot 40} = 2125 \text{ об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання , приймаємо

$n=2500$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при фрезеруванні: $C_p = 384; \quad x=0,9; \quad y=0,9; \quad n= -0.15$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{230}{750} \right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1.25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0.7 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1 = 0.87$$

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1.75^{0,9} \cdot 0.18^{0,9} \cdot 267^{-0,15} \cdot 0.87 = 510 \text{ Н}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{510 \cdot 267}{1020 \cdot 60} = 2.2 \text{ кВт}$$

2.Фрезувати пов. 2 начисто:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750\text{МПа}$

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по обрблюваності.

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чистовій обробці – $S=0.6$ мм/об.

-Глибина різання при чистової обробці – $t=0.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=35$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$C_v = 350$; $m=0,20$; $x=0,15$; $y=0,35$;

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{350}{35^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 1 = 215 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 215}{3,14 \cdot 40} = 1712 \text{ об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання , приймаємо

$n=2000$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z

при фрезеруванні: $C_p = 200$; $x=1$; $y=0,75$; $n=0$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{230}{750}\right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1.25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0.7 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1 = 0.87$$

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0.75^1 \cdot 0.6^{0,75} \cdot 215^0 \cdot 0.87 = 890 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{890 \cdot 215}{1020 \cdot 60} = 3,1 \text{ кВт}$$

015 Вертикально -фрезерна операція

1. Фрезувати пов. 3 начорно:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750\text{МПа}$

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по обрблюваності.

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

-Подача при чорновій обробці – $S=0.18$ мм/об.

-Глибина різання при чорновій обробці – $t=1.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=35$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$$C_v = 420; \quad m=0,20; \quad x=0,15; \quad y=0,20;$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{420}{35^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 0,18^{0,20}} \cdot 1 = 267 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 267}{3,14 \cdot 40} = 2125 \text{ об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання , приймаємо $n=2500$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при фрезеруванні: $C_p = 384; \quad x=0,9; \quad y=0,9; \quad n= -0.15$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{230}{750} \right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1.25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0.7 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1 = 0.87$$

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1.75^{0,9} \cdot 0.18^{0,9} \cdot 267^{-0,15} \cdot 0.87 = 510 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------|
| | | | | | Арк. 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{510 \cdot 267}{1020 \cdot 60} = 2.2 \text{ кВт}$$

2.Фрезувати пов. 3 начисто:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750\text{МПа}$

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності.

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чистовій обробці – $S=0.6$ мм/об.

-Глибина різання при чистової обробці – $t=0.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=35$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$C_v = 350$; $m=0,20$; $x=0,15$; $y=0,35$;

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{350}{350^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 1 = 215 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 215}{3,14 \cdot 40} = 1712 \text{ об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання , приймаємо

$n=2000$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при фрезеруванні: $C_p = 200$; $x=1$; $y=0,75$; $n=0$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{230}{750}\right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1,25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,87$$

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0,75^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 215^0 \cdot 0,87 = 890 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{890 \cdot 215}{1020 \cdot 60} = 3,1 \text{ кВт}$$

020 Токарна операція

1. Точити поверхню 4 начорно:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

Поправочний коефіцієнт K_{mv} , враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання визначається:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

$$\text{Де } K_r = 1,0; \quad nv = 1,0;$$

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750 \text{ Мпа}$

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чорновій обробці – $S=0.8$ мм/об.

-Глибина різання при чорновій обробці – $t=1.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=45$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$C_v = 340$; $m=0,20$; $x=0,15$; $y=0,45$; $u=1,1$; $p=0$; $q=0,2$;

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{340}{45^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1 = 162 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 162}{3,14 \cdot 20} = 2579 \text{ об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання , приймаємо

$n=2500$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при точінні: $C_p = 300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0.15$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{230}{750} \right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1.25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0.7 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1 = 0.87$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1.75^1 \cdot 0.8^{0.75} \cdot 162^{-0.15} \cdot 0.87 = 1801H$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1801 \cdot 162}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт}$$

2. Точити поверхню 4 начисто:

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

Поправочний коефіцієнт K_{mv} , враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання визначається:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{nv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

Де $K_r = 1,0$; $nv = 1,0$;

σ_B - фактичний параметр, який характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання. $\sigma_B = 750$ МПа

K_r - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності.

$K_{nv}=1.0$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$K_{uv}=1.0$ -коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

-Подача при чистовій обробці – $S=0.3$ мм/об.

-Глибина різання при чистовій обробці – $t=0.75$ мм.

-Період стійкості для інструменту – $T=45$ хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників степені:

$$C_v = 350; \quad m=0,20; \quad x=0,15; \quad y=0,35;$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1 = 260 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 260}{3,14 \cdot 20} = 4140 \text{об/хв}$$

Згідно паспорту верстату частоту обертання, приймаємо

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$n=4000$ об/хв.

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів формули кругової сили P_z при точінні: $C_p = 300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0.15$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{230}{750}\right)^{0,3} = 0,7$$

$$K_{\varphi p} = 1$$

$$K_{yp} = 1.25$$

$$K_{\lambda p} = 1$$

$$K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0.7 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1 = 0.87$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.75^1 \cdot 0.3^{0.75} \cdot 260^{-0.15} \cdot 0.87 = 345H$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{345 \cdot 260}{1020 \cdot 60} = 1.5 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.3 – Режими різання

| № | Перехід | t,мм | S,мм/об | V,м/хв | n,хв ⁻¹ | N _e ,кВт | T _{очн} ,хв |
|-----|---------|------|---------|--------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 005 | 1 | 1,75 | 0,7 | 172 | 2000 | 4,5 | 0,017 |
| | 2 | 0,75 | 0,3 | 260 | 3500 | 1,5 | 0,02 |
| 010 | 1 | 1,75 | 0,18 | 267 | 2500 | 2,2 | 0,08 |
| | 2 | 0,75 | 0,6 | 215 | 2000 | 3,1 | 0,03 |
| 015 | 1 | 1,75 | 0,16 | 267 | 2500 | 2,2 | 0,06 |
| | 2 | 0,75 | 0,6 | 215 | 2000 | 3,1 | 0,02 |
| 020 | 1 | 1,75 | 0,8 | 162 | 2500 | 4,7 | 0,006 |
| | 2 | 0,75 | 0,3 | 260 | 4000 | 1,5 | 0,01 |

2.6 Нормування технологічного процесу

Залежно від організаційної форми виробництва здійснюємо розрахування основних технічних норм часу. Для поточної форми організації виробництва розраховуємо штучний час:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об} + T_{пер}$$

Де:

T_o - основний час, хв;

T_d - допоміжний час, хв;

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{пер}$ - час перерви, хв.

Основний час визначається за формулою:

$$T_{o1} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{46}{0,7 \cdot 2000} = 0,033 \text{ хв}$$

$$T_{o2} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{46}{0,3 \cdot 3500} = 0,044 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,033 + 0,044 = 0,077 \text{ хв}$$

$$T_{o1} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{34}{0,18 \cdot 2500} = 0,076 \text{ хв}$$

$$T_{o2} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{34}{0,6 \cdot 2000} = 0,028 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,076 + 0,028 = 0,104 \text{ хв}$$

$$T_{o1} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{48}{0,18 \cdot 2500} = 0,107 \text{ хв}$$

$$T_{o2} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{48}{0,6 \cdot 2000} = 0,04 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,107 + 0,04 = 0,147 \text{ хв}$$

$$T_{o1} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{28}{0,8 \cdot 2500} = 0,014 \text{ хв}$$

$$T_{o2} = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{28}{0,3 \cdot 4000} = 0,023 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,014 + 0,023 = 0,037 \text{ хв}$$

Де L – довжина оброблюваної деталі.

S – подача (м/хв)

n – частота обертання шпинделя верстату.

Допоміжний час визначається по формулі:

$$T_b = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{y.n} + T_{n.z}$$

$T_{y.c}$ - час на установку і зняття деталі;

$T_{z.o}$ - час на закріплення і розкріплення деталі;

$T_{y.n}$ - час на управління;

$T_{n.z}$ - час на вимірювання деталі.

Під час розрахунку додаткового часу вводимо коефіцієнт $k=1$ для масового виробництва.

$T_{y.c} = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ хв}$ - час на установку і зняття деталі за допомогою патрона з пневматичним затискачем;

$T_{z.o} = 0,02 \cdot 1 = 0,02 \text{ хв}$ - час на закріплення і розкріплення деталі за допомогою пневматичного зажиму;

$T_{y.n} = 0,04 \cdot 1 = 0,04 \text{ хв}$ - час на управління увімкнення верстата за допомогою кнопки;

$T_{n.z} = 0,16 \cdot 1 = 0,16 \text{ хв}$ - час на вимірювання деталі скобою двохсторонньою.

$$T_b = 0,8 + 0,02 + 0,04 + 0,16 = 1,02 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час:

$T_{пз1} = 16 \text{ хв}$ - час на налаштування верстатного пристрою ;

$T_{пз2} = 2 \text{ хв}$ - час на установку фрез;

$T_{пз3} = 10 \text{ хв}$ - час на додаткові прийоми.

$$T_{пз} = 16 + 2 + 10 = 28 \text{ хв.}$$

Операційний час знаходимо по формулі:

$$T_{оп} = T_o + T_b$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$T_{\text{оп}} = 0,077 + 1,02 = 1,097 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,104 + 1,02 = 1,124 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,147 + 1,02 = 1,167 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,037 + 1,02 = 1,057 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 6% від операційного:

$$T_{\text{об}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 6}{100}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,097 \cdot 6}{100} = 0,066 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,124 \cdot 6}{100} = 0,067 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,167 \cdot 6}{100} = 0,07 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,057 \cdot 6}{100} = 0,063 \text{ хв.}$$

Час перерви і відпочинок складає 9% від операційного часу:

$$T_o = \frac{T_o \cdot 9}{100}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,097 \cdot 9}{100} = 0,099 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,124 \cdot 9}{100} = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,167 \cdot 9}{100} = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = \frac{1,057 \cdot 9}{100} = 0,095 \text{ хв.}$$

Тоді штучний час буде дорівнювати:

$$T_{\text{шт}} = 0,077 + 0,8 + 0,099 + 0,02 = 0,996 \text{ хв.} \approx 1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,104 + 0,8 + 0,1 + 0,02 = 1,024 \text{ хв.} \approx 1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,147 + 0,8 + 0,1 + 0,02 = 1,067 \text{ хв.} \approx 1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,037 + 0,8 + 0,095 + 0,02 = 0,952 \text{ хв.} \approx 1 \text{ хв.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування технологічного оснащення.

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою, структурної схеми

Ми розробляємо технологічне оснащення для масового типу виробництва, тому необхідне технологічне оснащення, яке б дозволило знизити або по можливості усунути важку, ручну і низько кваліфіковану працю, яка пов'язана з установкою і закріпленням деталі. Даний пристрій повинен мати пневмо- або гідропривід. Деталь базується по поверхні довжиною 120 мм, та рівномірно піджимається по поверхнях довжиною 25 мм і 12 мм силою W .



Рисунок 3.1 – Схема базування деталі

3.1.2 Силевий розрахунок параметрів приводу

Дивлячись та визначившись зі схемою базування, виберемо установчий елемент використовуючи правило шести точок. Сила зажиму розглядається з умови рівноваги заготовки з врахуванням коефіцієнта запасу K .

Розрахунок пневмопривода при його заданих розмірах зводиться до заданої розвиваючої сили на штоці $P_{ш}$. Часто вирішується обернена задача, коли по

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

заданій силі $P_{ш}$ і відомому тиску в пневмомагістралі виявляються розміри пневмопривода, здійснюється його вибір чи конструювання.

Сила на штоці поршневого пневмопривода знаходиться за формулою:

$$\text{Штовхаюча сила: } P_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta$$

$$P_{ш} = \frac{3.14}{4} \cdot 50^2 \cdot 0.5 \cdot 0.85 = 8340 \text{ Н}$$

$$\text{Сила тяги: } P_{ш} = (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta$$

$$P_{ш} = (50^2 - 16^2) \cdot 0.5 \cdot 0.85 = 7480 \text{ Н}$$

де D – діаметр поршня пневмоциліндра, мм; p – тиск стиснутого повітря, МПа (0,4-0,6); d – діаметр штока пневмоциліндра, мм; η – ККД (0,85...0,95); Для оберненої задачі приведені залежності розраховуються відносно діаметра циліндра D . при розрахунку D по зусиллю тяги діаметр штока знаходиться через D (можна приймати $d = (0,325...0,545)D$).

3.1.3 Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення пристрою на точність необхідно виконати умову

$$\sum E < T, \quad \text{де } T = 0,15 \text{ мм} - \text{допуск на розмір,}$$

$\sum \xi$ -сумарна похибка

1. За розрахунковий розмір приймемо допуск на домінуючий по точності розмір, що обробляється на даній операції.

2. Похибка базування $E_6 = 0,01 \text{ мм}$

3. Похибка закріплення. Заготовка встановлюється на установчі елементи.

Затиск поверхонь здійснюють за допомогою пневмоциліндра $E_3 = 0,01 \text{ мм}$

4. Похибка установки пристрою на верстаті: $E_{уст} = 0,01 \text{ мм}$

5. Похибка - знос робочої поверхні опор при виконанні даної програми:

$$E_n = B \cdot N^n = 0.0001 \cdot 275700^{0.5} = 0.05 \text{ мм}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6. Похибку від зносу робочих поверхонь можна прийняти $E_i = 0,05\text{мм}$
 Загальна похибка визначається по формулі:

$$E_{\text{пр}} = \delta_1 - \kappa_m \cdot \sqrt{(\kappa_{m1} \cdot E_6)^2 + E_3^3 + E_y^2 + E_i^2 + (\kappa_{m2} \cdot \omega)^2}$$

$$E_{\text{пр}} = 0.15 - 1.2 \cdot \sqrt{(0.06 \cdot 0.02)^2 + 0.02^2 + 0.02^2 + 0.02^2 + 0.02^2 + (0.6 \cdot 0.22)^2}$$

$$= 0.01 \text{ мм}$$

3.2 Розрахунок на точність контрольного пристрою

При розробленні розрахункових схем встановлення деталей у контрольних пристроях в якості установочних баз використовують різні комбінації елементарних поверхонь: площина – зовнішня циліндрична поверхня, площина – отвір та ін. Деталі (вузли), які контролюють мають дві вимірні бази, між якими на їх кресленнях проставлений розмір, що перевіряють. При виборі схем контрольного пристрою слід суміщати установочну й одну з вимірювальних баз деталі, надаючи їм строго фіксованого положення. Друга вимірювальна база повинна контактувати з вимірним елементом пристрою у встановленому місці. При невиконанні цих умов виникають похибки базування $\varepsilon\delta$ і положення вимірювального елементу ε пе, які знижують точність вимірювання параметрів деталі і принципово не бажані. На рис. 3.2 а) приведена схема контрольного пристрою для перевірки діаметра деталі 1, встановленої на призму 2.

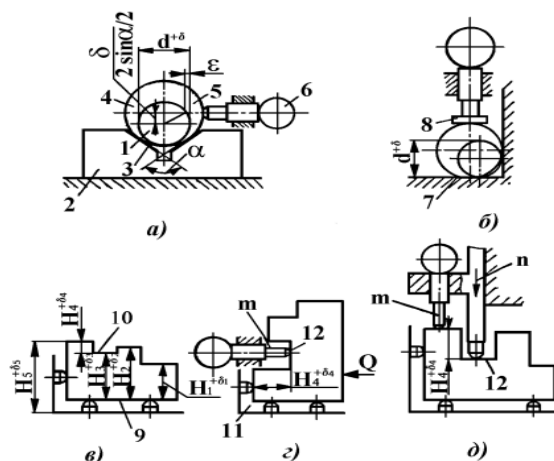


Рисунок 3.2 – Схеми для аналізу похибок базування у контрольних пристроях

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------------|
| | | | | | | | | | | Арк. 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

Установочна база (твірна 3) не суміщена з вимірювальною базою (твірна 4). Внаслідок цього виникає похибка базування, чисельно рівна половині допуску на діаметр деталі $\delta 2$.

Друга вимірювальна база (твірна 5) займає при перевірці партії деталей різне розташування за висотою відносно вимірного елемента 6, спричиняючи похибку.

$$\varepsilon_{\text{пр1}} = d - \sqrt{d^2 - \frac{\delta^2}{\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}} = 45 - \sqrt{45^2 - \frac{0,3^2}{\sin^2\left(\frac{15}{2}\right)}} = 0,011 \text{ мм}$$

де d – найменший діаметр деталі;

α – кут призми.

При контролюванні партії деталей границі вимірювання дорівнюють не допуску на діаметр, а такій величині

$$C = \delta - \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{\text{м}} = \varepsilon_{\text{м}} + \frac{\delta}{2} = 0,9 + \frac{0,3}{2} = 1,05 \text{ мм}$$

На рис. 3.2 б) показана друга схема контрольного пристрою, при використанні якої ε_{δ} і $\varepsilon_{\text{м}}$ рівні нулю. Це досягається суміщенням установочної і вимірювальної баз (твірна 7) та використанням наконечника 8 вимірювального елемента тарілчатої форми. Для підвищення продуктивності контролю використовують багатомірні контрольні пристрої, які дозволяють одночасно перевіряти декілька розмірів за одне встановлення деталі. Використання таких пристроїв можливе, якщо одна і та ж поверхня деталі є установочною і вимірювальною базою для всіх розмірів, які перевіряють. Ці умови часто забезпечують перерахунком розмірів і допусків деталі. На рис. 3.2 в) приведена схема пристрою для одночасної перевірки розмірів H_1 , H_2 , H_3 . Поверхня 9 є установочною і спільною для цих розмірів вимірювальною базою. Для перевірки розміру H_4 поверхня 9 служить установочною базою, а поверхня 10 – вимірювальною. Для усунення похибки базування можна запропонувати такі варіанти вирішення:

1. Замість розміру H_4 здійснюють перевірку розміру H_5 .

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Приймаючи H_4 за замикаючу ланку розмірного ланцюга, отримаємо $\delta_4 = \delta_3 + \delta_5$, звідки $\delta_5 = \delta_4 - \delta_3$. При $\delta_3 > \delta_4$ і неможливості δ_3 розмір δ_5 перевіряють в іншому пристрої.

2. За вимірювальну і установочну бази приймають поверхню 11 (рис. 3.2 г), а вимірний елемент m підводять до поверхні 12. Деталь притискують до бокової опори силою Q .

3. Використовують перший пристрій, в якому попередньо налагоджений вимірний елемент m підводиться повзуном n до поверхні 12 (рис. 3.2 д).

Для використання багатомірних контрольних пристроїв необхідне проставлення розмірів, які перевіряють, від однієї вимірювальної бази і можливість суміщення цієї бази з вигідною для контролю установочною базою деталі. В окремих випадках необхідно перераховувати допуски на контролюючі розміри з врахуванням специфіки багатомірного контролю. При проектуванні будь-якого контрольного пристрою необхідно ретельно оцінити всі переваги і недоліки можливих в даному випадку методів базування з врахуванням реальних розмірів деталі і базуючих елементів пристрою. Аналіз базуючих елементів повинен завершуватися підрахунком спричиненої ним відносної похибки мірвання.

Похибки закріплення у контрольному пристрої.

Робота затискного механізму контрольного пристрою суттєво відрізняється від роботи аналогічного механізму у верстатних пристосуваннях. Необхідність в затискних механізмах відпадає, якщо деталь під дією вимірювальної сили займає досить стійке розташування на опорах. Для визначення похибки закріплення можна використовувати розрахункові залежності, отримані експериментальним шляхом. При цьому визначають граничні значення зміщення деталі під дією навантаження. Але розрахунковий метод визначення величини зміщення деталі під дією сил закріплення досить працемісткий. З метою спрощення розрахунків для типових схем встановлення деталей значення ε_3 залежно від виду опор, габаритів деталі, стану базової поверхні і типу затискного механізму у контрольних пристроях вибирають з таблиць довідників.

Похибки розташування деталі у контрольному пристрої.

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------|
| | | | | | Арк. 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Неточність виготовлення пристрою залежать від похибок виготовлення його деталей, похибок складання та регулювання, а також від зношування його елементів у процесі експлуатації.

При визначенні похибки $\varepsilon_{пр}$ необхідно врахувати похибки взаємного розміщення елементів для встановлення деталі та елементів для установки вимірних приладів (індикаторів, мініметрів та ін.).

Визначення похибки розташування деталі, яку контролюють, внаслідок неточності виготовлення елементів контрольного пристрою. При визначенні похибки виготовлення елементів пристрою потрібно окремо врахувати похибки виготовлення базових поверхонь пристрою для встановлення деталі $\varepsilon_{пр1}$ і похибки взаємного розміщення цих базових елементів відносно елементів для установки вимірних приладів (індикаторів, мініметрів та ін.) $\varepsilon_{пр2}$.

Розглянемо на прикладі (рис. 3.3) визначення похибки $\varepsilon_{пр2}$. В корпусі контрольного пристрою для вимірювання биття торця на віддалі R від осі центрів (О-О) вісь отвору (О1-О1) для встановлення індикатора була виконана з відхиленням від паралельності до осі О-О на величину $\Delta/100$. На основі розрахункової схеми (рис. 3.3) можна записати:

$$\varepsilon_{пр2} = AC - AB = \sqrt{a^2 + l^2} = \sqrt{15^2 + 120^2} = 15\sqrt{65} \text{ мм}$$

де a – величина переміщення щупа індикатора;

$$l = a \cdot \operatorname{tg} \alpha = 15 \cdot 0,8559 = 12,8; \quad \alpha = \frac{\Delta}{100} = \frac{13}{100} = 0,13 \text{ мм}$$

Δ – допустима похибка виготовлення.

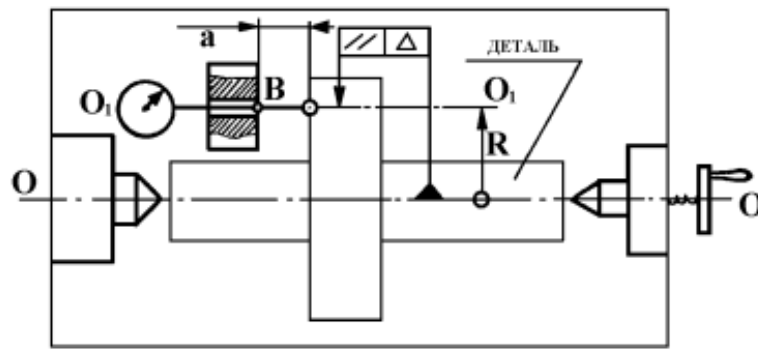
Після перетворень виразу отримаємо

$$\varepsilon_{пр2} = \alpha (\sqrt{\operatorname{tg}^2 a + 1} - 1) = 15\sqrt{0,8559^2 + 1} - 15 = 13,87 \text{ мм}$$

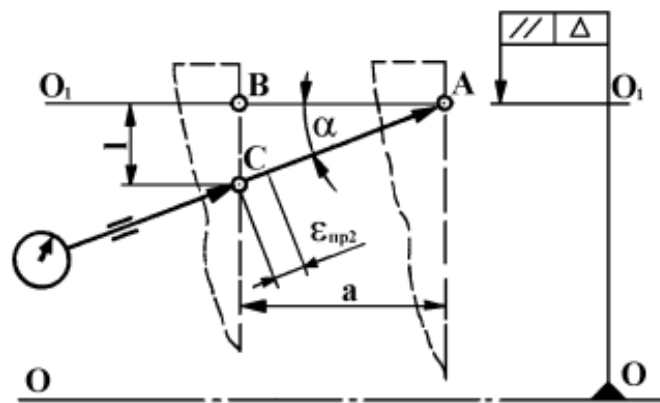
Загальну похибку виготовлення пристрою визначають як

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_{пр1}^2 + \varepsilon_{пр2}^2} = \sqrt{0,11^2 + 13,87^2} = 13,9 \text{ мм}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



а)



б)

Рисунок 3.3 – Розрахункова схема контрольного пристрою: а - схема контролю; б – схема для визначення похибки $\epsilon_{пр2}$

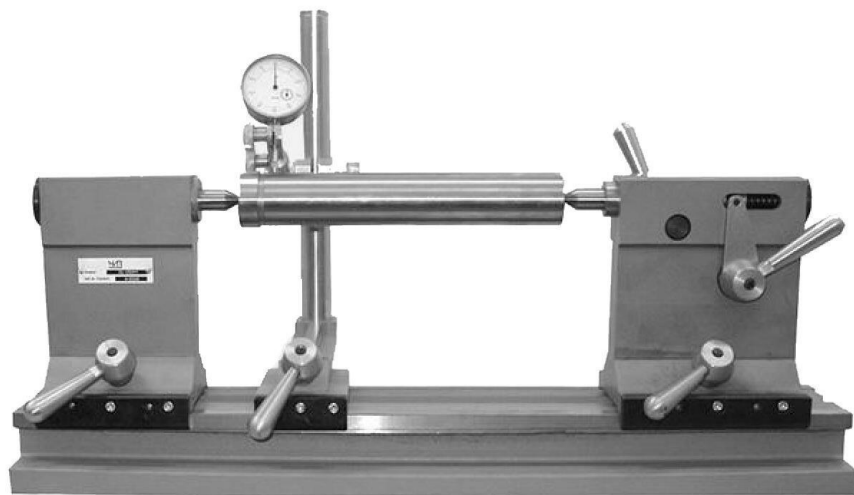


Рисунок 3.4 – Пристрій контролю торцевого биття.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Розрахункова кількість обладнання, визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}$$

де $N=275700$ - річна програма випуску, шт.;

$T_{ш-к}$ - штучно-калькуляційний час, хв;

F_d - дійсний річний фонд ($F_d=4029$ год);

$\eta_{з.н.} = 0.8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$$m_p = \frac{275700 \cdot 1,69}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 2,4 \rightarrow 3$$

$$m_p = \frac{275700 \cdot 4,9}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 6,9 \rightarrow 7$$

$$m_p = \frac{275700 \cdot 6,92}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 9,8 \rightarrow 10$$

$$m_p = \frac{275700 \cdot 1,03}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 1,5 \rightarrow 2$$

m_p заокруглюємо в більшу сторону до цілого числа, а отже отримуємо певну кількість робочих місць.

Дійсний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$\eta_{з.д.} = \frac{m_p}{p}$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{2,4}{3} = 0,8$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{6,9}{7} = 0,9$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{9,8}{10} = 1$$

$$\eta_{з.д.} = \frac{1,5}{2} = 0,8$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні визначаємо за формулою: $O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,8} = 1; \text{ приймаємо } 1$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,9} = 0,88; \text{ приймаємо } 1$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{1} = 0,8; \text{ приймаємо } 1$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,8} = 1; \text{ приймаємо } 1$$

Таблиця 4.1- Зведення даних

| Операція | $T_{ш-к}$ | m_p | P | $\eta_{з.ф.}$ | O |
|------------------------|-----------|-------|----|---------------|---|
| Токарна | 4,9 | 7 | 7 | 0,9 | 1 |
| Горизонтально-фрезерна | 6,92 | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Вертикально-фрезерна | 1,03 | 2 | 2 | 0,8 | 1 |
| Токарна | 1,69 | 3 | 3 | 0,8 | 1 |
| Σ | 14,54 | | 22 | 3,5 | 4 |

Коефіцієнт закріплення операції визначаємо за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{4}{22} = 0,2$$

Оскільки $K_{з.о.} < 1$ то приймаємо масовий тип виробництва.

Добовий випуск виробів визначаємо за формулою:

$$N_c = \frac{N}{256} = \frac{275700}{256} = 1076.95 \text{ шт}$$

де $N = 275700$ - річна програма випуску, шт.

256 – робочі дні у році.

Добову продуктивність поточної лінії визначаємо за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{\text{шк-с}}} \cdot \eta_{\text{з.ф.ср}} = \frac{952}{3,6} \cdot 0,875 = 231 \text{шт}$$

F_c - при 2-х змінній роботі, $F_c=952$ хв.;

$$T_{\text{шк-с}} = \frac{\sum T_{\text{шт.ср}}}{n} = \frac{14,54}{4} = 3,6$$

де n – кількість операцій;

$$\eta_{\text{з.ф.ср}} = \frac{\sum \eta_{\text{з.ф.}}}{n} = \frac{3,5}{4} = 0,875$$

Оскільки добовий випуск виробів більший добової продуктивності групової лінії, тоді ми застосовуємо потокову форму організації виробництва.

$$N_c > Q_c \cdot 0,6$$

$$1076,95 > 305 \cdot 0,6 = 183;$$

Форма організації виробництва потокова – що і треба було довести.

Розраховуємо такт випуску виробів при такому виді виробництва:

$$t = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{275700} = 0,8 \text{хв}$$

$F_d = 4029$ год - дійсний річний фонд роботи пристроїв.

N - програма випуску.

Прийнято масовий тип виробництва з потоковою формою його організації.

4.2 Визначення кількості робітників на дільниці

Кількість основних робітників визначається за формулою:

$$P_B = M_{\text{р.в.}} \cdot m \cdot K_n$$

$m=2$ – число змін роботи обладнання в добу;

де $M_{\text{р.в.}}$ – кількість місць робітників-верстатників: $M_{\text{р.в.}} = \frac{P}{K_M} = \frac{3}{1,2} = 2,5$

де $P=100$ – прийнята кількість верстатів на дільниці;

$K_M=1,2$ – коефіцієнт багатостатного обслуговування;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

K_n – коефіцієнт, який враховує додаткову кількість робітників для заміни:

$$K_n = \frac{F_{н.р.}}{F_{д.р.}} = \frac{2070}{1820} = 1,1$$

$F_{н.р.} = 2070$ – номінальний річний фонд часу для робітника, год;

$F_{д.р.} = 1820$ – дійсний річний фонд часу для робітника, год.

$$P_v = 2,5 \cdot 2 \cdot 1,1 = 5,5 \approx 6 \text{ чол.}$$

Кількість допоміжних робітників встановлюється за штатним списком відомих аналогічних виробничих дільниць. Дільниці зі невеликою кількістю обладнання (15÷25 одиниць), як правило загалом, обслуговуються загально цеховим штатом допоміжних працівників.

Кількість допоміжних робітників становить 18-25% від основних робітників.

$$P_d = (18 \dots 25) \cdot P_v \cdot 100\%$$

P_v – кількість основних робітників;

$$P_d = (18 \dots 25) \cdot 0,06 = 1,08 \dots 1,5 \text{ чол.}$$

Приймаємо, $P_d = 1$ чол.

Кількість основних робітників важко нормуються і не визначаються. Тому кількість таких робітників визначають у відсотках від числа верстатників:

$$P_{нев} = 6 \cdot 3\% = 0,18 = 1.$$

У механоскладальних цехах рекомендується мати не менше 100 верстатів основного виробництва. Якщо за розрахунками кількість обладнання є значно меншою, тому необхідно провести до завантаження виробництва. Для цього знаходимо, наближено, кількість подібних виробів для виготовлення у цеху за формулою:

$$B = \frac{C_n}{m_n}$$

де C_n – прийнята кількість верстатів у цеху;

m_n – прийнята кількість верстатів на дільниці виготовлення деталі.

$$B = \frac{100}{3} = 34$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Уточнюємо кількість верстатів у цеху за прийнятою кількістю виробів:

$$C_n = B_n \cdot m_n = 34 \cdot 3 = 102$$

Ручні місця слюсарів в механічних дільницях:

$$M_m = 2\% \text{ від } C_n.$$

$$M_m = 0,02 \cdot 102 = 2.$$

Розрахунок верстатників визначають з урахуванням кількості прийнятих верстатів в цеху:

$$P_v = \frac{C_n \cdot F_{д.д} \cdot K_3 \cdot K_B}{F_{д.д} \cdot K_M}$$

де C_n – прийнята кількість верстатів в цеху;

$F_{д.о.}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$F_{д.р.}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітника;

K_M – коефіцієнт багатостатного обслуговування;

$K_3 \cdot K_B = 0.8$ – коефіцієнти завантаження та використання обладнання: для

Масового типу виробництва

$$P_v = \frac{102 \cdot 4029 \cdot 0.8}{1820 \cdot 1.5} = 120$$

Кількість слюсарів : $2\% \cdot P_v = 0,02 \cdot 120 = 3$.

До виробничників та працівників належать наладчики, кількість яких визначається за нормативами. Необхідна кількість наладчиків для технологічних операцій:

$$005 \quad P_{н1} = 3$$

$$010 \quad P_{н2} = 7$$

$$015 \quad P_{н3} = 10$$

$$020 \quad P_{н4} = 2$$

Кількість наладчиків:

$$P_n = 3 + 7 + 10 + 2 = 22$$

Загальна кількість основних робітників цеху:

$$P_0 = P_v + P_n + P_{сл} = 120 + 3 + 22 = 146$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахунок кількості і складу працюючих в цеху

Допоміжні складають для масового виробництва $R_d = 0,50 \cdot 146 = 73$.

Молодший обслуговуючий персонал – $R_{моп} = 0,03 \cdot (146 + 68) = 6,42 = 7$.

Інженерно-технічні працівники – $R_{ітп} = 0,12 \cdot (146 + 68) = 25,68 = 26$.

Лічильно-конторський персонал – $R_{лкп} = 0,05 \cdot (146 + 68) = 10,7 = 11$.

Всього працюючих в цеху:

$$R_{пр} = R_o + R_d + R_{моп} + R_{ітп} + R_{лкп} = 146 + 73 + 7 + 26 + 11 = 263 \text{ ч.}$$

4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці

При укрупненому розрахунку виробничих площ цеху використовують питомі площі, які приходять на одиницю обладнання, на одне робоче місце або одного робітника.

Виробнича площа механоскладального цеху розраховується за формулою:

$$F_{вир} = C_n \cdot F_{вер}$$

де C_n – прийнята кількість основних верстатів цеху; $F_{вер} = 1$ – питома площа на 1 верстат, m^2

Таблиця 4.2 – Розрахунок виробничої площі дільниці

| № | Верстат | Площа, m^2 | Питома площа, m^2 | Кількість | Загальна площа, m^2 |
|------|---------|------------------|---------------------|-----------|-----------------------|
| 1. | 1A616 | $3 \times 1,4$ | 26 | 1 | 26 |
| 2. | 6M82У | $3,6 \times 3,2$ | 40 | 1 | 40 |
| 3. | 6A12A | $4,8 \times 3$ | 40 | 1 | 40 |
| Сума | | | | 3 | 106 |

$$F_{вир} = 26 + 40 + 40 = 106 m^2$$

Площа механоскладального цеху: $F_{вир} = \sum m_{ц} \cdot F_{вер,д}$

Де $m_{ц}$ – кількість однотипного обладнання в цеху;

$F_{вер,д}$ – питома площа на 1 верстат (табл.4.3).

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------|
| | | | | | Арк. 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Таблиця 4.3 – Розрахунок виробничої площі цеху

| № | Верстат | Площа, м ² | Питома площа, м ² | Кількість | Загальна площа, м ² |
|------|---------|-----------------------|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 1. | 1А616 | 3×1,4 | 26 | 34 | 884 |
| 2. | 6М82У | 3,6×3,2 | 40 | 34 | 1360 |
| 3. | 6А12А | 4,8×3 | 40 | 34 | 1360 |
| Сума | | | | 102 | 3604 |

$$F_{\text{вир}} = 884 + 1360 + 1360 = 3604 \text{ м}^2$$

Виробнича площа ділянки визначається за формулою:

$$F_{\text{вир.скл}} = F_{\text{вир}} \cdot (30 \dots 40\%) = 3604 \cdot 0,39 = 1405,5 \text{ м}^2$$

Де $F_{\text{вир}}$ - виробнича площа цеху;

Приймаємо, $F_{\text{вир.скл}} = 1406 \text{ м}^2$

4.4 Розробка технологічного планування ділянки

По розрахунках даного механоскладального цеху вибираємо наступну сітку колон, яка містить ширину прольоту $L = 24$ м і крок колон $t = 12$ м. Загальна довжина цеху складає 84 м і ширина – 24 м. Розміри основних колон в поперечному перерізі складають $0,5 \times 0,5$ м. В цеху розміщений наскрізний головний магістральний проїзд шириною 4м. Вїзд та виїзд з цеху транспортних засобів супроводжується відкриванням та закриванням двостулкових воріт, з розмірами 3×3 м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 52 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Фактори виробничого середовища, які впливають на працівників в процесі їх роботи

Охорона праці є ключовим фактором безпечного функціонування підприємств і технологічних процесів. Вона має враховуватися ще на етапі проектування та вдосконалюватися в процесі технологічного розвитку, особливо у високоточних і потенційно небезпечних галузях, таких як виробництво лопаток газотурбінних двигунів.

Для забезпечення безпеки працівників важливо дотримуватися принципів оцінки ризиків, дотримання заходів безпеки та відповідності ергономічним вимогам. Важливими аспектами є розпізнавання основних небезпек, що можуть впливати на здоров'я та продуктивність працівників.

Таблиця 5.1 - Види небезпек на підприємстві

| Тип небезпеки | Опис |
|---------------------|---|
| Механічна небезпека | Пов'язана з роботою ріжучих, шліфувальних і полірувальних верстатів, що можуть спричинити травми. |
| Хімічна небезпека | Вплив охолоджувальних рідин, мастильних матеріалів та засобів для чищення на здоров'я працівників. |
| Фізична небезпека | Вплив шуму, вібрації, теплового випромінювання на працівників у процесі роботи. |
| Ергономічні ризики | Травми через повторювані рухи, незручні пози та фізичне навантаження під час роботи з важкими деталями. |

Оцінка ризику передбачає визначення ймовірності та серйозності потенційних травм. Використання матриць ризиків дозволяє класифікувати кожен ризик за рівнем загрози та застосовувати відповідні заходи контролю.

Протоколи безпеки

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Захист очей: захисні окуляри або щитки для обличчя.

Захист слуху: навушники або беруші.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Захист рук: рукавички, що стійкі до порізів.

Захисний одяг: вогнестійкий та антистатичний.

Безпека верстатів

Захисні огороження навколо рухомих частин.

Наявність аварійних зупинок.

Процедури блокування/маркування.

План реагування на надзвичайні ситуації

Розробка плану на випадок пожежі, хімічного розливу, медичних надзвичайних ситуацій.

Регулярні тренування працівників.

Доступність аптечок першої допомоги.

Навчання персоналу наданню першої допомоги та серцево-легеневій реанімації.

5.2 Заходи для покращення умов і безпеки праці

Організаційні заходи: система управління безпекою (СУБ), впровадження процедур з управління ризиками, регулярне оновлення політики безпеки.

Комітети з охорони праці: спільна робота керівництва та працівників, регулярні інспекції та перегляд заходів безпеки.

Аудити та оцінка ризиків: регулярне виявлення потенційних загроз, впровадження заходів щодо їх усунення, повідомлення про інциденти та їхнє розслідування, заохочення працівників до повідомлення про небезпечні ситуації, аналіз причин інцидентів для запобігання повторенню.

Методи покращення безпеки праці: навчання та підвищення кваліфікації, інструктаж з техніки безпеки для всіх працівників, навчання правильному користуванню обладнанням.

Ергономічні покращення: використання регульованих робочих місць, забезпечення перерв для зниження фізичного навантаження.

Засоби індивідуального захисту: контроль за відповідністю та якістю ЗІЗ,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

навчання правильному використанню засобів захисту.

Стандартизація безпечної роботи: дотримання процедур блокування/маркування, контроль правильного використання обладнання.

Комунікація та звітність: регулярні збори з питань безпеки, анонімна система повідомлень про небезпечні умови, підготовка до надзвичайних ситуацій, регулярні тренування персоналу, доступність засобів пожежогасіння та медичних пунктів.

Безпека на основі поведінки (BBS): заохочення дотримання правил безпеки через позитивний зворотний зв'язок, спостереження за робочими процесами для попередження небезпечних дій, баланс між роботою та особистим життям, гнучкий графік роботи, програми підтримки психічного здоров'я, постійне вдосконалення, оцінка безпеки на основі нових технологій та стандартів, активна участь працівників у процесах вдосконалення безпеки.

Комплексний підхід до безпеки праці, що включає організаційні заходи, навчання та постійний контроль, дозволяє створити безпечне та ефективне робоче середовище. Впровадження цих заходів сприяє зменшенню виробничих ризиків, підвищенню продуктивності працівників і відповідності нормативним вимогам. Проактивний підхід до безпеки допомагає підприємствам забезпечити довготривалу стабільність і ефективність у своїй діяльності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання даної роботи було проведено аналіз технологічного процесу виготовлення скоби, що є важливим елементом у машинобудуванні. Досліджено матеріал, вибрано метод отримання заготовки та обґрунтовано послідовність механічної обробки, що дозволяє забезпечити необхідну точність і міцність деталі.

Розглянуто вплив вибору технологічних баз та оснащення на якість обробки, а також розроблено технологічний процес, що включає оптимальні режими різання, методи контролю якості та організаційні заходи щодо підвищення продуктивності. Визначено необхідне обладнання та проведено розрахунок трудових витрат, що дозволило обґрунтувати економічну доцільність процесу.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та безпеки виробництва. Запропоновано заходи з мінімізації ризиків та покращення умов праці, що сприяє зниженню рівня виробничого травматизму та підвищенню ефективності роботи персоналу.

Впровадження розроблених технологічних рішень дозволяє оптимізувати виробничий процес, підвищити якість продукції та забезпечити відповідність сучасним стандартам машинобудування. Робота підтверджує, що комплексний підхід до проектування технологічних процесів сприяє ефективному використанню ресурсів, зниженню виробничих витрат і підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------------|
| | | | | | | Арк. 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бодялову Петру Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Скоба»*

Керівник роботи: *Зубовецька Наталя Тетянівна, к.т.н., доцент*, затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р., № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: технологічна документація, базовий технологічний процес скоби, програма випуску, креслення скоби, матеріал заготовки

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

Реферат. Вступ. 1. Загальна частина. 2. Технологічна частина. 3. Конструкторська частина. 4. Проектування механічної ділянки. 5. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Креслення заготовки – 1 ф. А1; 2. Карта налагодження – 1 ф. А1; 3. Верстатний пристрій – 1 ф. А1; 4. Контрольний пристрій – 1 ф. А1. 5. План ділянки – 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|--------|-------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання

1.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|----|---|--|----------|
| 1. | <i>Вступ. Загальна частина.</i> | <i>14.03.25</i> | |
| 2. | <i>Технологічна частина.</i> | <i>10.04.25</i> | |
| 3. | <i>Розрахунково-конструкторська частина</i> | <i>15.04.25</i> | |
| 4. | <i>Проектування механічної ділянки.</i> | <i>20.04.25</i> | |
| 5. | <i>Охорона праці</i> | <i>30.04.25</i> | |
| 6. | <i>Оформлення графічної частини</i> | <i>10.05.25</i> | |
| 7. | <i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i> | <i>25.05.25</i> | |
| 8. | <i>Представлення роботи до захисту</i> | <i>30.05.25</i> | |

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Бодялов П.Р

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Зубовецька Н.Т.

(прізвище та ініціали)