

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічних процесів механічного оброблення  
фланця 381356/4 та обойми 0609-1908

Виконав: студент IV курсу, групи МПз-41  
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

Ярута Д.С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник  
(підпис) Дячун А.Є.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль  
(підпис) Дячун А.Є.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри  
(підпис) Окіпний І.Б.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічних процесів механічного оброблення фланця 381356/4 та обойми 0609-1908” студента групи МПз-41 Ярути Д.С. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи – вдосконалити базові технологічні процеси механічного оброблення фланця 381356/4 та обойми 0609-1908.

У першій частині, визначено, що за кількісними та якісними показниками деталі «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 є технологічними. Проведено аналіз креслень та технічних вимог до деталей. Встановлено, що базові технологічні процеси, які використовується для виготовлення деталей відповідають дрібносерійному типу виробництва, зокрема використовується універсальне технологічне обладнання без засобів числового програмного керування та стандартні і спеціальні пристрої з ручним приводом механізмів затиску. Річні програми випуску деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 дорівнюють 18000 шт. та 1400 шт. відповідно, що відповідає середньосерійному типу виробництва, тому у проектних технологічних процесах запроваджено зміни для підвищення продуктивності виготовлення деталей.

У другій частині визначено тип виробництва – середньосерійний на основі розрахунку коефіцієнтів закріплення операцій. Собівартість виготовлення заготовки із прокату є нижчою ніж виготовленої штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» 381356/4 вибрано спосіб виготовлення заготовки прокат. Для деталі “Обойма” 0609-1908 як заготовку використовуємо поковку, що виготовляється вільним куванням на молотах.

Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та технічні норми часу. Розроблено технологічні процеси механічного оброблення деталей.

У третій частині для обробки отворів та контуру в деталі “Обойма” 0609-1908 на 020 програмній з ЧПК операції розроблено спеціальний пристрій для базування та затиску заготовки.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Вступ .....</b>                                                                                                                                                    |  |
| <b>1 Загально-технічна частина</b>                                                                                                                                    |  |
| 1.1. Службове призначення деталей .....                                                                                                                               |  |
| 1.2. Аналіз технічних вимог деталей.....                                                                                                                              |  |
| 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталей.....                                                                                                                  |  |
| 1.4. Аналіз базових технологічних процесів.....                                                                                                                       |  |
| 1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....                                                                                                               |  |
| <b>2 Технологічна частина</b>                                                                                                                                         |  |
| 2.1. Визначення типу виробництва.....                                                                                                                                 |  |
| 2.2. Вибір способу одержання заготовок.....                                                                                                                           |  |
| 2.3. Вибір технологічних баз.....                                                                                                                                     |  |
| 2.4. Проектування технологічних маршрутів механічного оброблення деталей.....                                                                                         |  |
| 2.5. Визначення припусків на оброблення.....                                                                                                                          |  |
| 2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....                                                                                                |  |
| <b>3 Конструкторська частина</b>                                                                                                                                      |  |
| 3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі.....                                                                                         |  |
| 3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі.....                                                                               |  |
| <b>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</b>                                                                                                               |  |
| 4.1. Акустичний вплив виробничого середовища на людину та техніко-організаційні заходи щодо зниження шумового навантаження на ділянки механічної обробки деталей..... |  |
| 4.2. Фінансування заходів з охорони праці на підприємстві.....                                                                                                        |  |
| Висновки.....                                                                                                                                                         |  |
| Перелік посилань.....                                                                                                                                                 |  |
| Додатки                                                                                                                                                               |  |

## ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено технологічне проектування процесів механічного оброблення деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 для умов середньосерійного типу виробництва. Деталі є складовими частинами приводного механізму скребкового конвеєра. Матеріали деталей сталь Ст3 та сталь 45.

Базові технологічні процеси, що використовується для виготовлення деталей відповідають дрібносерійному типу виробництва.

Річні програми випуску, що вказані у завданні, відповідають середньосерійному типу виробництва. Тому при розробленні проектних технологічних процесів необхідно внести такі зміни: для виготовлення заготовок використовувати відносно меншої вартості методи, зокрема прокат, вільне кування на молотах; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів; для свердління групи отворів та їх наступного оброблення можна використовувати вертикально-свердлильні верстати із багатошпиндельними свердлильними головками; для фрезерування контурів, оброблення отворів доцільно використовувати фрезерні та багатоцільові верстати з ЧПК замість звичайних вертикально-фрезерних та координатно-розточних верстатів; доцільне застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Деталі «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 використовуються у приводному механізмі скребкового конвеєра. При цьому фланець використовується як опора для підшипника кочення, а обойма – як частина рамної конструкції для кріплення елементів конвеєра.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик деталі «Фланець» 381356/4 є: поверхня  $\varnothing 113_{-0,054}$ ; Ra 0,8, на якій перехідний посадці встановлюють пустотілий валик, який закріплюють через чотири отвори  $\varnothing 8H14$ ; Ra 6,3 болтами; отвір  $\varnothing 62_{-0,039}^{-0,009}$ ; Ra 0,8 використовується для встановлення радіального підшипника кочення, який в свою чергу встановлений на нерухомій вісі, що проходить через центральний отвір  $\varnothing 36H14$ ; Ra 6,3 фланця; отвір  $\varnothing 58H14$ ; Ra 6,3 виконаний для створення опори  $14^{+0,18}$ ; Ra 1,6 під зовнішнє кільце підшипника Фаска  $1,5 \times 45^\circ$  використовується як допоміжний елемент під час запресовування підшипника.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик деталі «Обойма» 0609-1908 є: плоска поверхня –  $25h7_{(-0,021)}$ ; Ra 0,8; внутрішні прямокутні поверхні  $190^{+1,15} \times 200^{+1,15}$ ;  $200^{+1,15} \times 210^{+1,15}$ ;  $5 \pm 0,1$ ; Ra 6,3 – призначені для правильного взаємного розміщення, суміщення та встановлення елементів конструкції виробу; чотири отвори –  $\varnothing 20H7^{(+0,021)}$ ;  $200 \pm 0,02$ ;  $235 \pm 0,02$ ; Ra 0,8; чотири різеві отвори M16-6H; Ra 6,3 – призначені для суміщення та кріплення елементів конструкції виробу.

Інші поверхні визначають конфігурацію вказаних деталей, забезпечують їх жорсткість та необхідні технічні вимоги.

Деталь «Фланець» 381356/4 за даними виготовляється із сталі Ст3. Необхідність застосування такого матеріалу визначається невеликими навантаженнями на деталь та низькою собівартістю.

У таблицях 1.1 та 1.2 детальніше наведено інформацію про хімічний склад

та характеристики механічних випробувань сталі Ст3.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3, %

| C         | Si        | Mn        | P     | S     | N     |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| не більше |           |           |       |       |       |
| 0,14-0,22 | 0,15-0,30 | 0,40-0,65 | 0,045 | 0,045 | 0,009 |

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сталі Ст3

| $\sigma_T$ , МПа | $\sigma_B$ , МПа | $\delta_5$ , % | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | $a_{\text{н}}$ Дж/см <sup>2</sup> |
|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| не менше         |                  |                |                            |                                   |
| 235              | 470              | 25             | 7,8                        | 80                                |

Деталь “Обойма” 0609-1908 за даними виготовляється із сталі 45, що має середні показники границі текучості та міцності.

У таблицях 1.3 та 1.4 детальніше наведено інформацію про хімічний склад та характеристики механічних випробувань сталі 45.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 45, %

| C         | Si        | Mn       | P     | Cr   | S    | Cu   | Ni   | As   |
|-----------|-----------|----------|-------|------|------|------|------|------|
| не більше |           |          |       |      |      |      |      |      |
| 0,42-0,5  | 0,17-0,37 | 0,50-0,8 | 0,035 | 0,25 | 0,04 | 0,25 | 0,25 | 0,08 |

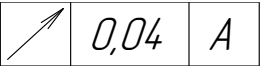
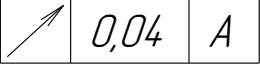
Таблиця 1.4 – Характеристики механічних випробувань сталі 45

| $\sigma_T$ , МПа | $\sigma_B$ , МПа | $\delta_5$ , % | $\psi$ , % | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | $a_{\text{н}}$ Дж/см <sup>2</sup> | НВ            |            |
|------------------|------------------|----------------|------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------|------------|
| не менше         |                  |                |            |                            |                                   | горячекатаної | відпаленої |
| 350              | 610              | 16             | 40         | 7,8                        | 55                                | 217           | 175        |

## 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для проектування розроблення технологічних процесів механічного оброблення деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 вивчено їх креслення, технічні вимоги та показники якості поверхонь. Кожній із поверхонь двох деталей присвоєно порядкові номери, визначено вимоги до їх точності та шорсткості. Результати оброблення даних представлено у таблицях 1.5, 1.6.

Таблиця 1.5 – Результати опису технічних вимог поверхонь деталі «Фланець» 381356/4

| Номер поверхні | Назва поверхні                                                                                                                                                                                                    | Квалітет | Шорсткість |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|
| 1              | 2                                                                                                                                                                                                                 | 3        | 4          |
| 1              | Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 120h14_{(-0,87)}$ ; $5\pm IT14/2$                                                                                                                                      | 14       | Ra 6,3     |
| 2              | Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 113h8_{(-0,054)}$                                                                                                                                                      | 8        | Ra 0,8     |
| 3, 9           | Торцева поверхня $20h14_{(-0,52)}$<br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">  </div>        | 14       | Ra 6,3     |
| 4...7          | Отвори $\varnothing 8H14_{(+0,360)}$ ; $\varnothing 100$                                                                                                                                                          | 14       | Ra 6,3     |
| 8              | Отвір $\varnothing 36H14_{(+0,620)}$                                                                                                                                                                              | 14       | Ra 12,5    |
| 10             | Отвір $\varnothing 62N7_{\begin{pmatrix} -0,009 \\ -0,039 \end{pmatrix}}$<br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">A</div>                                                   | 7        | Ra 0,8     |
| 11             | Отвір $\varnothing 58H14_{(+0,740)}$                                                                                                                                                                              | 14       | Ra 6,3     |
| 12             | Внутрішня торцева поверхня $14^{+0,18}$<br><div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">  </div> | 12       | Ra 1,6     |
| 13             | Внутрішня фаска $1,5 \times 45^\circ$                                                                                                                                                                             | 14       | Ra 6,3     |
| 14             | Внутрішня торцева поверхня $16\pm IT14/2$                                                                                                                                                                         | 14       | Ra 6,3     |

Таблиця 1.6 – Результати опису технічних вимог поверхонь деталі “Обойма” 0609-1908

| Номер поверхні | Назва поверхні                                                 | Квалітет | Шорсткість |
|----------------|----------------------------------------------------------------|----------|------------|
| 1              | 2                                                              | 3        | 4          |
| 1,3            | Плоска поверхня $25h7_{(-0,021)}$                              | 7        | Ra0,8      |
| 2              | Зовнішня прямокутна поверхня $280_{-1,3} \times 240_{-1,15}$   | 14       | Ra6,3      |
| 4...7          | Фаска внутрішня $1,6 \times 45^\circ$                          | 14       | Ra6,3      |
| 8              | Внутрішня прямокутна поверхня $190^{+1,15} \times 200^{+1,15}$ | 14       | Ra6,3      |

Закінчення таблиці 1.6

| 1       | 2                                                                                       | 3  | 4      |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|
| 9       | Внутрішня прямокутна поверхня<br>$200^{+1,15} \times 210^{+1,15}; 5 \pm 0,1$            | 14 | Ra6,3  |
| 10...13 | Чотири різьбові отвори M16-6H                                                           | 13 | Ra6,3  |
| 14...17 | Чотири отвори $\varnothing 20H7(^{+0,021})$ ; $200 \pm 0,02$ ;<br>$235 \pm 0,02$        | 7  | Ra0,8  |
| 18...21 | Чотири отвори під різьбу $\varnothing 13,9^{+0,30}$ ; $135 \pm 0,2$ ;<br>$235 \pm 0,02$ | 13 | Ra12,5 |

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

При визначенні технологічності деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 враховано їх програми випуску, що дорівнюють 18000 шт. та 1400 шт. відповідно, що можна виконати в умовах середньосерійного типу виробництва. При аналізі розглянутоя точність, шорсткість поверхонь, способи формоутворення поверхонь сьомого квалітету точності.

Матеріали деталей сталь Ст3 та сталь 45 добре піддається різанню, стружкоутворенню та пластичній деформації. При цьому вартість сталі Ст 3 є нижчою за вартість сталі 45.

Для фланця із матеріалу сталь Ст3 можливе використання для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі, для обойми із сталі 45 можливе використання плоского прокату або вільне кування на молотах.

У конструкціях деталей є достатня кількість поверхонь для базування та закріплення при виконанні усіх технологічних операцій. Жорсткість деталей забезпечує при необхідності прикладання сил затиску оснащенням із механічним приводом. Для забезпечення точності оброблення поверхонь фланця основними базами будуть зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні та торці. При обробленні поверхонь обойми основними базами будуть площини та отвори.



Для оброблення поверхонь деталей можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, фрез, шліфувальних кругів, свердл, мітчиків, розверток а також як обладнання можна використовувати токарні, фрезерні та багатоцільові верстати з ЧПК.

Отже, за якісними показниками деталі «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 є технологічними.

Технологічність деталей також перевірено за трьома кількісними показниками: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, відповідно до відомих методик та даних із табл. 1.3.

Для деталі «Фланець» 381356/4:

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (1.1)$$

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 11 + 12 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{14} = 12,93;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,93} = 0,92.$$

При  $K_{\text{тч}} = 0,92 > 0,8$  деталь «Фланець» 381356/4 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (1.2)$$

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 10 + 2 \cdot 3}{14} = 3,64,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,64} = 0,27.$$

При  $K_{\text{ш}} = 0,27 > 0,16$  деталь «Фланець» 381356/4 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{y.e.}} = \frac{N_{\text{y.e.}}}{N_e} = \frac{12}{14} = 0,86. \quad (1.3)$$

При  $K_{yc} = 0,86 > 0,6$  деталь «Фланець» 381356/4 є технологічною.

Враховуючи одержанні результати, за кількісними показниками деталь «Фланець» 381356/4 є технологічною.

#### 1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Операції та технологічне устаткування базового технологічного процесу виготовлення деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 представлено у таблицях 1.7 та 1.8.

Таблиця 1.7 – Операції та технологічного устаткування базового технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» 381356/4

| Операція                    | Технологічне обладнання                | Технологічне оснащення                                         |
|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 005 Токарно-гвинторізна     | Токарно-гвинторізний верстат 16K20     | Патрон трьохкулачковий спіральньо-рейковий                     |
| 010 Вертикально-свердлильна | Вертикально-свердлильний верстат 2Н118 | Пристосування із базуванням деталі на призми                   |
| 015 Токарно-гвинторізна     | Токарно-гвинторізний верстат 16K20     | Патрон трьохкулачковий спіральньо-рейковий                     |
| 020 Координатно-розточна    | Координатно-розточний верстат 2421     | Пристосування із базуванням деталі по отвору з упором в торець |
| 025 Внутрішньо-шліфувальна  | Внутрішньо-шліфувальний верстат 3K227В | Патрон трьохкулачковий спіральньо-рейковий                     |
| 030 Круглошліфувальна       | Круглошліфувальний верстат 3М150       | Патрон трьохкулачковий спіральньо-рейковий                     |
| 035 Контроль                | Стіл контролера                        | Універсальні вимірювальні інструменти                          |

Таблиця 1.8 – Операції та технологічного устаткування базового технологічного процесу виготовлення деталі “Обойма” 0609-1908

| Операція                 | Технологічне обладнання                          | Технологічне оснащення                                               |
|--------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1                        | 2                                                | 3                                                                    |
| 005 Відрізна             | Гільйотинні листові кривошипні ножиці<br>НА3225  | —                                                                    |
| 010 Вертикально-фрезерна | Вертикально-фрезерний верстат 6P13               | Лещата верстатні 7200-0201<br>ГОСТ 16518-96<br>Прихвати універсальні |
| 015 Плоскошліфувальна    | Плоскошліфувальний горизонтальний верстат 3E711B | Магнітна плита 7208-0001П<br>ГОСТ 2464-82                            |
| 020 Координатно-розточна | Координатно-розточний верстат 2E450              | Універсальні засоби кріплення – прихвати                             |
| 025 Контроль             | Стіл контролера                                  | Універсальні вимірювальні інструменти                                |

Базові технологічні процеси виготовлення деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 за структурами операцій та параметрами обладнання відповідають дрібносерійному типу виробництва, зокрема використовується універсальне технологічне обладнання без засобів числового програмного керування та стандартні і спеціальні пристрої з ручним приводом механізмів затиску. Також використовуються стандартні універсальні ріжучі (різці, фрези, шліфувальні круги, свердла, мітчики, розвертки) та вимірювальні інструменти.

### 1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У розділі розглянуто технічні вимоги до деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908, що використовуються у приводному механізмі скребкового конвеєра. Розглянуто способи механічного оброблення поверхонь деталей та підходи до розроблення проектного технологічного процесу. Розглянуто можливі способи виготовлення заготовок.

За якісними та кількісними показниками деталі «Фланець» 381356/4 та

“Обойма” 0609-1908 є технологічними.

Матеріали деталей сталь Ст3 та сталь 45 добре піддається різанню, стружкоутворенню та пластичній деформації. При цьому вартість сталі Ст 3 є нижчою за вартість сталі 45.

Для фланця із матеріалу сталь Ст3 можливе використання для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі, для обойми із сталі 45 можливе використання плоского прокату або вільне кування на молотах.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь фланця основними базами будуть зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні та торці. При обробленні поверхонь обойми основними базами будуть площини та отвори.

Базові технологічні процеси виготовлення деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 за структурами операцій та параметрами обладнання відповідають дрібносерійному типу виробництва. дорівнюють 18000 шт. та 1400 шт. відповідно

Річні програми випуску деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 дорівнюють 18000 шт. та 1400 шт. відповідно, що відповідає середньосерійному типу виробництва.

Тому у проектних технологічних процесах необхідно запровадити такі зміни:

- для виготовлення заготовок використовувати відносно меншої вартості методи, зокрема прокат, вільне кування на молотах;

- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів;

- для свердління групи отворів та їх наступного оброблення можна використовувати вертикально-свердлильні верстати із багатошпindelними свердлильними головками.

- для фрезерування контурів, оброблення отворів доцільно використовувати фрезерні та багатоцільові верстати з ЧПК замість

звичайних вертикально-фрезерних та координатно-розточних верстатів;  
– доцільне застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність виготовлення деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва виготовлення деталі «Фланець» 381356/4 для програми випуску  $N = 18000$  шт. і маси деталі 1,17 кг та деталі «Обойма» 0609-1908 для програми випуску  $N = 1400$  шт. і маси деталі 5,2 кг, визначений наближеним методом, є середньосерійний.

Для розрахунку типу виробництва також визначено коефіцієнти закріплення операцій. Як вихідні дані використано величини штучного часу для виконання операцій базових технологічних процесів.

У таблицях 2.1. та 2.2 представлено дані операцій базових технологічних процесів виготовлення деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908.

Таблиця 2.1 – Дані операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» 381356/4

| Операція                    | $T_{шт., хв.}$ | Операція                    | $T_{шт., хв.}$ |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| 005 Токарно-гвинторізна     | 6,97           | 020 Вертикально-свердлильна | 1,44           |
| 010 Вертикально-свердлильна | 3,25           | 025 Круглошліфувальна       | 0,134          |
| 015 Токарно-гвинторізна     | 13,43          | 030 Внутрішньошліфувальна   | 0,37           |

Таблиця 2.2 – Дані операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Обойма» 0609-1908

| Операція                 | $T_{шт.}$ | Операція                 | $T_{шт.}$ |
|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| 005 Відрізна             | 2,1 хв.   | 015 Плоскошліфувальна    | 6,68 хв.  |
| 010 Вертикально-фрезерна | 36,2 хв.  | 020 Координатно-розточна | 13,08 хв. |

Кількість верстатів, що використовуються для кожної операції при заданій програмі випуску  $N$  [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт.}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.1)$$

де  $F_d$  – час на роботу обладнання,  $F_d = 3979$  год;

$$\eta_{з.н.} = 0,75.$$

Для деталі «Фланець» 381356/4:

$$m_{p005} = \frac{18000 \cdot 6,97}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,7. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{18000 \cdot 3,25}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,33. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{18000 \cdot 13,43}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,35. P_{015} = 2 \text{ верстата.}$$

$$m_{p020} = \frac{18000 \cdot 1,44}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,145. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{18000 \cdot 0,134}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,013. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{18000 \cdot 0,37}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,037. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

Для деталі “Обойма” 0609-1908:

$$m_{p005} = \frac{1400 \cdot 2,1}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,02. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{1400 \cdot 36,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,28. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{1400 \cdot 6,68}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,05. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{1400 \cdot 13,08}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,1. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.2)$$

Для деталі «Фланець» 381356/4:

$$\eta_{\text{з.ф.005}} = \frac{0,7}{1} = 0,7.$$

$$\eta_{\text{з.ф.010}} = \frac{0,33}{1} = 0,33.$$

$$\eta_{\text{з.ф.015}} = \frac{1,35}{2} = 0,675.$$

$$\eta_{\text{з.ф.020}} = \frac{0,145}{1} = 0,145.$$

$$\eta_{\text{з.ф.025}} = \frac{0,013}{1} = 0,013.$$

$$\eta_{\text{з.ф.030}} = \frac{0,037}{1} = 0,037$$

Для деталі “Обойма” 0609-1908:

$$\eta_{\text{з.ф.005}} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

$$\eta_{\text{з.ф.010}} = \frac{0,28}{1} = 0,28.$$

$$\eta_{\text{з.ф.015}} = \frac{0,05}{1} = 0,05.$$

$$\eta_{\text{з.ф.020}} = \frac{0,1}{1} = 0,1.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці [1]:

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.}}}{\eta_{\text{з.ф.}}}, \quad (2.3)$$

Для деталі «Фланець» 381356/4:

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,7} = 1,07. \quad O_{005} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,33} = 2,27. \quad O_{010} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,675} = 1,11. \quad O_{015} = 2 \text{ операції.}$$



$$O_{020} = \frac{0,75}{0,145} = 5,17. O_{020} = 6 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,013} = 57,7. O_{025} = 58 \text{ операцій.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,037} = 20,27. O_{030} = 21 \text{ операція.}$$

Для деталі “Обойма” 0609-1908:

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,02} = 37,5. O_{005} = 38 \text{ операцій.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,28} = 2,7. O_{010} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,05} = 15. O_{015} = 15 \text{ операцій.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,1} = 7,5. O_{020} = 8 \text{ операцій.}$$

Коефіцієнти закріплення операцій [1]:

Для деталі «Фланець» 381356/4:

$$K_{з.о.} = \frac{2 + 3 + 2 + 6 + 58 + 21}{1 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1} = \frac{92}{7} = 13,14.$$

Для деталі “Обойма” 0609-1908:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{38 + 3 + 15 + 8}{1 + 1 + 1 + 1} = \frac{64}{4} = 16.$$

Для  $K_{з.о.} = 13,14$ ;  $K_{з.о.} = 16$  тип виробництва – середньосерійний.

Визначаємо періоди виготовлення деталей [1]:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2.4)$$

Для деталі «Фланець» 381356/4:

$$t_b = \frac{60 \cdot 3979}{18000} = 13,26 \text{ хв.}$$

Для деталі “Обойма” 0609-1908:

$$t_b = \frac{60 \cdot 3979}{1400} = 170,5 \text{ хв.}$$

Величина однієї партії деталей [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.5)$$

де  $F=257$  днів

Для деталі «Фланець» 381356/4:

$$n = \frac{18000 \cdot 5}{257} = 350 \text{ шт.}$$

Для деталі “Обойма” 0609-1908:

$$n = \frac{1400 \cdot 5}{257} = 27 \text{ шт.}$$

## 2.2. Вибір способу одержання заготовки

Для фланця із матеріалу сталь Ст3 можливе використання для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі, для обойми із сталі 45 можливе використання плоского прокату або вільне кування на молотах.

Порівнюємо два методи виготовлення заготовок за коефіцієнтом використання матеріалу та за вартістю для деталі «Фланець» 381356/4. Вибираємо методи виготовлення заготовки:

1. Круг  $\frac{125 - B - II}{СтЗ I - II}$  – прокат гарячекатаний, круглий, звичайної точності

прокатування (В), II класу за кривизною, діаметром 125 мм зі сталі СтЗ, категорії 1, групи II. Довжина прутка 3 м.

2) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Клас точності штамповки на кривошипному гарячештампувальному пресі – Т4; група сталі – М1.

Ступінь складності заготовки визначаємо за відношенням маси штамповки  $m_{ш}$  до маси  $m_{\phi}$  геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{\phi}}, \quad (2.6)$$

Приблизна маса штамповки:

$$m_{ш} = m_{д} \cdot k_p, \quad (2.7)$$

де  $k_p$  – коефіцієнт для приблизного визначення маси штамповки,  $k_p = 1,5$  [7];

$m_{д} = 0,19$  кг – маса деталі.

Отже,  $m_{ш} = m_{д} \cdot k_p = 1,17 \cdot 1,5 = 1,76$  кг.

Маса  $m_{\phi}$  геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$m_{\phi} = V_3 \cdot \rho, \quad (2.8)$$

де  $\rho$  – густина матеріалу,  $\rho = 7,85$  г/см<sup>3</sup>.

Об'єм геометричної фігури

$$d = 120 \cdot 1,05 = 126 \text{ мм.}$$

$$H = 20 \cdot 1,05 = 21 \text{ мм.}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 126^2 \cdot 21}{4} = 261716 \text{ мм}^3 = 261,716 \text{ см}^3$$

$$m_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho,$$

$$m_{\phi} = 261,716 \cdot 7,8 = 2041 \text{ г} = 2,041 \text{ кг}.$$

Група складності штамповки:  $C = \frac{1,76}{2,04} = 0,86.$

Заготовка штамповка відноситься до ступеня складності С1.

Вихідний індекс заготовки для Т4, М1, С1 – 9.

Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі «Фланець» 381356/4 представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі «Фланець» 381356/4

| Оброблювана поверхня,<br>її розмір, точність                | Параметр<br>шорсткості<br>деталі, мкм | Допуск<br>заготовки,<br>мм | Загальний<br>припуск,<br>мм | Розмір<br>заготовки із<br>граничними<br>відхиленнями                                       |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                           | 2                                     | 3                          | 4                           | 5                                                                                          |
| 1) Круг $\frac{125 - B - II}{СтЗ I - II}$                   |                                       |                            |                             |                                                                                            |
| Торцева поверхня<br>20h14 <sub>(-0,52)</sub>                | Ra 6,3                                | 0,8                        | $3,5 \times 2 = 7,0$        | 27±0,4                                                                                     |
| Зовнішня циліндрична<br>поверхня Ø120h14 <sub>(-0,87)</sub> | Ra 6,3                                | 1,6                        | $2,5 \times 2 = 5,0$        | Ø125 <sup>+0,8</sup> <sub>-2,0</sub>                                                       |
| 2) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі   |                                       |                            |                             |                                                                                            |
| Торцева поверхня<br>20h14 <sub>(-0,52)</sub>                | Ra 6,3                                | 1,2                        | $1,3 \times 2 = 2,6$        | 22,6 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>                                                       |
| Зовнішня циліндрична<br>поверхня Ø120h14 <sub>(-0,87)</sub> | Ra 6,3                                | 1,6                        | $1,3 \times 2 = 2,6$        | Ø122,6 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>                                                     |
| Отвір Ø62N7 <sub>(<sup>-0,009</sup><br/>-0,039)</sub>       | Ra 0,8                                | 1,4                        | $1,4 \times 2 = 2,8$        | Ø59,2 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>                                                      |
| Торцева поверхня 14 <sup>+0,18</sup>                        | Ra 1,6                                | 1,2                        | 1,3                         | 12,7 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub><br>на кресленні<br>14 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub> |
| Отвір Ø36H14 <sub>(<sup>+0,620</sup>)</sub>                 | Ra 6,3                                | 1,2                        | $1,3 \times 2 = 2,6$        | Ø33,4 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>                                                      |

Виконуємо ескізи заготовок, одержаних двома вказаними методами. Результати представлено на рис. 2.1 (круглий прокат) та на рис. 2.2 (штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі).

Технологічні витрати матеріалу при виготовленні заготовки з круглого прокату:

– витрати, пов’язані із некрatністю заготовки довжині прокату:

$$L_{\text{нк.}} = L_{\text{пр.}} - x \cdot (L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}), \quad (2.9)$$

де  $L_{\text{пр.}} = 3000$  мм – довжина прокату;

$x$  – кількість заготовок, що можна виготовити із однієї довжини прокату;

$$x = \frac{L_{\text{пр.}}}{L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}}, \quad (2.10)$$

де  $L_{\text{заг.}}$  – довжина заготовки із припусками на відрізання інструментом (2а);

$2a = 6$  мм;

$$L_{\text{заг.}} = L_{\text{дет.}} + 2a, \quad (2.11)$$

Довжина заготовки із припусками на підрізання торців:

$$L_{\text{заг.}} = 20 + 7 = 27 \text{ мм.}$$

Кількість заготовок, що можна виготовити із однієї довжини прокату (2.10):

$$x = \frac{3000}{27 + 12,5} = 75,9 \text{ шт.}$$

Приймаємо 75 шт.

Визначаємо витрати, пов’язані із некрatністю заготовки довжині прокату (2.9):

$$L_{\text{нк.}} = 3000 - 75 \cdot (27 + 12,5) = 37,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо розхід матеріалу на заготовку із врахуванням всіх технологічних втрат за формулою:

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{Q_1 \cdot (100 + B_{\text{заг.}})}{100}, \quad (2.12)$$

де  $Q_1$  – маса заготовки;

$$Q_1 = V_3 \cdot \rho, \quad (2.13)$$

де  $V_3$  – об'єм заготовки.

Об'єм заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 125^2 \cdot 27}{4} = 331171,88 \text{ мм}^3 = 331,17 \text{ см}^3$$

$$Q_1 = 331,17 \cdot 7,8 = 2583,13 \text{ г} \approx 2,58 \text{ кг}.$$

Загальні витрати матеріалу (%):

$$B_{\text{заг.}} = B_{\text{нк.}}, \quad (2.14)$$

$B_{\text{нк.}}$  – витрати матеріалу на некратність;

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(37,5 \cdot 100)}{3000} = 1,25\%.$$

Підставляємо дані у формулу (2.12):

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{2,58 \cdot (100 + 1,25)}{100} = 2,61 \text{ кг}.$$

Визначаємо об'єм заготовки для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 122,6^2 \cdot 22,6}{4} = 266660,7 \text{ мм}^3 = 266,7 \text{ см}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 59,2^2 \cdot 14}{4} = 38516 \text{ мм}^3 = 38,516 \text{ см}^3.$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 33,4^2 \cdot 8,6}{4} = 7531,15 \text{ мм}^3 = 7,53 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{заг2}} = V_1 - V_2 - V_3, \quad (2.15)$$

$$V_{\text{заг}} = 266,7 - 38,516 - 7,53 = 220,65 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки:

$$Q_2 = 220,65 \cdot 7,8 = 1721,07 \text{ г} \approx 1,72 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_B = \frac{q}{Q}, \quad (2.16)$$

– для круглого прокату:

$$K_{B.M.1} = \frac{1,17}{2,61} = 0,44;$$

– для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$K_{B.M.2} = \frac{1,17}{1,72} = 0,68.$$

Собівартість заготовки з прокату [4]:

$$C_{заг1} = \frac{Q_{Т.В.} \cdot S - (Q_{Т.В.} - q) \cdot S_{відх}}{1000}, \quad (2.17)$$

де  $S = 39180$  грн/т – ціна 1 т. металопродукту;

$S_{відх.} = 6000$  – ціна 1 т. відходів;

$$C_{заг1} = \frac{2,61 \cdot 39180 - (2,61 - 1,17) \cdot 6000}{1000} = 93,62 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість штамповки [4]:

$$C_{заг2} = \left( \frac{S_B \cdot Q \cdot K_n}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (2.18)$$

де  $S_B = 47000$  грн. – базова ціна 1 т. штамповок;

$K_n$  – загальний поправочний коефіцієнт [4]:

$$K_n = K_{TK} \cdot K_{СК} \cdot K_{МК} \cdot K_{ПК} \cdot K_{БК}, \quad (2.19)$$

$$K_n = 1,23 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,21 \cdot 1,45 = 1,92.$$

$$C_{заг2} = \left( \frac{47000 \cdot 1,72 \cdot 1,92}{1000} \right) - (1,72 - 1,17) \cdot \frac{6000}{1000} = 151,91 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість виготовлення заготовки із прокату є нижчою ніж виготовленої штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі,

тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» 381356/4 вибираємо спосіб виготовлення заготовки прокат.

Для деталі “Обойма” 0609-1908 як заготовку використовуємо поковку, що виготовляється вільним куванням на молотах (табл.. 2.3).

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Обойма” 0609-1908

| Оброблювана поверхня, її розмір, точність                  | Параметр шорсткості деталі, мкм | Допуск заготовки, мм | Загальний припуск, мм | Розмір заготовки із граничними відхиленнями |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------------------|
| 1                                                          | 2                               | 3                    | 4                     | 5                                           |
| 1) поковка, що виготовляється вільним куванням на молотах. |                                 |                      |                       |                                             |
| Плоска поверхня 25h7 <sub>(-0,021)</sub>                   | Ra0,8                           | 4,0                  | $3 \times 2 = 6$      | 31±2,0                                      |
| Зовнішня прямокутна поверхня 280 <sub>-1,3</sub>           | Ra6,3                           | 6,0                  | $5,5 \times 2 = 11$   | 291±3,0                                     |
| Зовнішня прямокутна поверхня 240 <sub>-1,15</sub>          | Ra6,3                           | 6,0                  | $5,5 \times 2 = 11$   | 251±3,0                                     |
| Внутрішня прямокутна поверхня 190 <sup>+1,15</sup>         | Ra6,3                           | 6,0                  | $5 \times 2 = 10$     | 180±3,0                                     |
| Внутрішня прямокутна поверхня 200 <sup>+1,15</sup>         | Ra6,3                           | 6,0                  | $5 \times 2 = 10$     | 190±3,0                                     |

### 2.3. Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз механічного оброблення поверхонь деталей «Фланець» 381356/4 та “Обойма” 0609-1908 ґрунтується на використанні принципів сумісності, постійності баз та концентрації операцій. Для забезпечення точності оброблення поверхонь фланця основними базами будуть зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні та торці. При обробленні поверхонь обойми основними базами будуть площини та отвори.

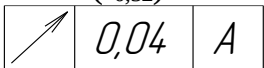


## 2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Для кожної із деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 розроблено два варіанти оброблення поверхонь для умов середньосерійного типу виробництва. На основі цих варіантів спроектовано технологічні процеси, що забезпечує формування вимог до поверхонь деталей з використанням токарних, фрезерних та багатоцільових верстатів з ЧПК.

Способи оброблення поверхонь деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 представлено у таблицях 2.6 та 2.7 відповідно.

Таблиця 2.6 – Способи оброблення поверхонь деталі «Фланець» 381356/4

| № пов. | Вид поверхні, позначення                                                                                                     | Вихідні параметри деталі    |                 | Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь                                            |                                                                                     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                                                                                              | Квалітет (ступінь точності) | Шорсткість, мкм | 1                                                                                        | 2                                                                                   |
| 1      | 2                                                                                                                            | 3                           | 4               | 5                                                                                        | 6                                                                                   |
| 1      | Зовнішня циліндрична поверхня<br>$\varnothing 120h14_{(-0,87)}$ ;<br>$5 \pm IT14/2$                                          | 14                          | Ra 6,3          | Точіння чорнове<br>Точіння напівчистове                                                  |                                                                                     |
| 2      | Зовнішня циліндрична поверхня<br>$\varnothing 113h8_{(-0,054)}$                                                              | 8                           | Ra 0,8          | Точіння чорнове<br>Точіння напівчистове<br>Шліфування напівчистове<br>Шліфування чистове | Точіння чорнове<br>Точіння напівчистове<br>Обточування чистове<br>Обточування тонке |
| 3, 9   | Торцева поверхня<br>$20h14_{(-0,52)}$<br> | 14                          | Ra 6,3          | Підрізання торця чорнове, напівчистове за одну установку з обробкою базової поверхні     |                                                                                     |

Закінчення таблиці 2.4

| 1     | 2                                                                                                                                                  | 3  | 4       | 5                                                                                                                | 6                                                                                                                                                                                          |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4...7 | Отвори<br>$\varnothing 8H14^{(+0,360)}$ ;<br>$\varnothing 100$                                                                                     | 14 | Ra 6,3  | Центрування<br>отворів на верстаті<br>з ЧПК<br>Свердління отворів<br>на верстаті з ЧПК                           | Центрування<br>отворів на<br>координатно-<br>розточному<br>верстаті<br>Свердління<br>отворів на<br>координатно-<br>розточному<br>верстаті<br>або<br>Свердління<br>отворів по<br>кондуктору |
| 8     | Отвір<br>$\varnothing 36H14^{(+0,620)}$                                                                                                            | 14 | Ra 12,5 | Свердління                                                                                                       |                                                                                                                                                                                            |
| 10    | Отвір<br>$\varnothing 62N7^{(-0,009}_{-0,039})}$<br><div></div> | 7  | Ra 0,8  | Розточування<br>чорнове<br>Розточування<br>напівчистове<br>Шліфування<br>напівчистове<br>Шліфування<br>чистове   | Розточування<br>чорнове<br>Розточування<br>напівчистове<br>Розточування<br>чистове<br>Розточування<br>тонке                                                                                |
| 11    | Отвір<br>$\varnothing 58H14^{(+0,740)}$                                                                                                            | 14 | Ra 6,3  | Розточування<br>чорнове<br>Розточування<br>напівчистове                                                          |                                                                                                                                                                                            |
| 12    | Торцева<br>поверхня $14^{+0,18}$<br><div></div>                 | 12 | Ra 1,6  | Підрізання<br>чорнове<br>Підрізання<br>напівчистове<br>Шліфування<br>напівчистове<br>Шліфування торця<br>чистове |                                                                                                                                                                                            |
| 13    | Внутрішня фаска<br>$1,5 \times 45^\circ$                                                                                                           | 14 | Ra 6,3  | Розточування<br>однократне                                                                                       |                                                                                                                                                                                            |
| 14    | Внутрішня<br>торцева<br>поверхня<br>$16 \pm IT14/2$                                                                                                | 14 | Ra 6,3  | Підрізання<br>чорнове<br>Підрізання<br>напівчистове                                                              |                                                                                                                                                                                            |

Таблиця 2.7 – Способи оброблення поверхонь деталі “Обойма” 0609-1908

| № пов.   | Вид поверхні, позначення                                                          | Вихідні параметри деталі    |                 | Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь                                                                                             |                                                                                                                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                   | Квалітет (ступінь точності) | Шорсткість, мкм | 1                                                                                                                                         | 2                                                                                                                                                               |
| 1        | 2                                                                                 | 3                           | 4               | 5                                                                                                                                         | 6                                                                                                                                                               |
| 1,3      | Плоска поверхня 25h7 <sub>(-0,021)</sub>                                          | 7                           | Ra0,8           | Фрезерування чорнове торцевою фрезею<br>Фрезерування напівчистове торцевою фрезею<br>Шліфування напівчистове<br>Шліфування чистове плоске | Фрезерування чорнове торцевою фрезею<br>Фрезерування напівчистове торцевою фрезею<br>Фрезерування чистове торцевою фрезею<br>Фрезерування тонке торцевою фрезею |
| 2        | Зовнішня прямокутна поверхня 280 <sub>-1,3</sub> ×240 <sub>-1,15</sub>            | 14                          | Ra6,3           | Фрезерування чорнове кінцевою фрезею                                                                                                      | Фрезерування чорнове торцевою фрезею                                                                                                                            |
| 4...7    | Фаска внутрішня 1,6×45°                                                           | 14                          | Ra6,3           | Обробка комбінованим свердлом                                                                                                             | Зенкування фаски                                                                                                                                                |
| 8        | Внутрішня прямокутна поверхня 190 <sup>+1,15</sup> × 200 <sup>+1,15</sup>         | 14                          | Ra6,3           | Фрезерування чорнове кінцевою фрезею                                                                                                      | —                                                                                                                                                               |
| 9        | Внутрішня прямокутна поверхня 200 <sup>+1,15</sup> × 210 <sup>+1,15</sup> ; 5±0,1 | 14                          | Ra6,3           | 1.Фрезерування чорнове кінцевою фрезею                                                                                                    | —                                                                                                                                                               |
| 10... 13 | Чотири різеві отвори M16-6H                                                       | 13                          | Ra6,3           | Нарізання різі мітчиком послідовне                                                                                                        | Нарізання різі мітчиком одночасне різенарізною головкою                                                                                                         |

Закінчення таблиці 2.7

| 1           | 2                                                    | 3  | 4      | 5                                                                                               | 6                           |
|-------------|------------------------------------------------------|----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 14...<br>17 | $\varnothing 20H7(^{+0,021})$                        | 7  | Ra0,8  | Центрування<br>Свердління<br>Зенкерування<br>Розвертання<br>попереднє<br>Розвертання<br>чистове | —                           |
| 18...<br>21 | Чотири отвори<br>під різь $\varnothing 13,9^{+0,30}$ | 13 | Ra12,5 | Центрування<br>Свердління                                                                       | Свердління по<br>кондуктору |

Із варіантів оброблення деталей (табл. 2.6, 2.7) спроектовано технологічні процес, що відповідають середньосерійному типу виробництва. Токарне оброблення поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів; для свердління групи отворів та їх наступного оброблення використовуються вертикально-свердлильні верстати із багатошпиндельними свердлильними головками; для фрезерування контурів, оброблення отворів використовуються фрезерні та багатоцільові верстати з ЧПК замість звичайних вертикально-фрезерних та координатно-розточних верстатів; застосовуються інструменти та технологічне оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Технологічний процес виготовлення деталі «Фланець» 381356/4

005 Токарно-револьверна

1. Підрізати попередньо торець 3, витримуючи розмір  $24_{-1,3}$ .
2. Підрізати остаточно торець 3, витримуючи розмір  $23,5_{-0,52}$ .
3. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 2, витримуючи розмір  $\varnothing 117_{-0,87}$ .
4. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 2, витримуючи розмір  $\varnothing 113,76_{-0,14}$ .

010 Токарна з ЧПК

1. Підрізати попередньо торець 9, витримуючи розмір  $20,5_{-1,3}$ .
2. Підрізати остаточно торець 9, витримуючи розмір  $20_{-0,52}$ .

3. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір  $\varnothing 121_{-0,87}$ .

4. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір  $\varnothing 120_{-0,87}$ .

5. Свердлити отвір 8, витримуючи розмір  $\varnothing 36^{+0,62}$ .

6. Розточити попередньо отвір 11 за чотири проходи з підрізкою торця 14, витримуючи розміри  $\varnothing 57^{+0,74}$ ;  $15,5 \pm 0,5$  за програмою.

7. Розточити попередньо отвір 10 з підрізкою торця 12, витримуючи розміри  $\varnothing 60,54^{+0,74}$ ;  $12^{+1,1}$  за програмою.

8. Розточити внутрішню фаску 13, розточити остаточно отвір 10 з підрізкою торця 12 та розточити остаточно отвір 11 з підрізкою торця 14, витримуючи розміри  $1,82 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 61,36^{+0,12}$ ;  $13^{+0,43}$ ;  $\varnothing 58^{+0,74}$ ;  $16 \pm 0,2$  послідовно за програмою.

#### 015 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити чотири отвори 4...7, витримуючи розміри  $\varnothing 8H14(^{+0,360})$ ;  $\varnothing 100$  одночасно.

#### 020 Круглошліфувальна

1. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 2, витримуючи розмір  $\varnothing 113,16_{-0,087}$ .

2. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 2, витримуючи розмір  $\varnothing 113_{-0,054}$ .

#### 025 Внутрішньошліфувальна

1. Шліфувати попередньо отвір 10 з підшліфовкою торця 12, витримуючи розміри  $\varnothing 61,876^{+0,046}$ ;  $13,7^{+0,18}$ .

2. Шліфувати остаточно отвір 10 з підшліфовкою торця 12, витримуючи розміри  $\varnothing 61,961^{+0,030}$ ;  $14^{+0,18}$ .

#### Технологічний процес виготовлення деталі “Обойма” 0609-1908

#### 005 Вертикально-фрезерна

1. Фрезерувати попередньо поверхню 1, витримуючи розмір  $28,52_{-0,21}$ .

2. Фрезерування остаточно поверхню 1, витримуючи розмір  $28,02_{-0,084}$ .

3. Перевстановити деталь.

4. Фрезерувати попередньо поверхню 3, витримуючи розмір  $25,54_{-0,21}$ .

5. Фрезерування остаточно поверхню 3, витримуючи розмір  $25,04_{-0,084}$ .

010 Плоскошліфувальна

1. Шліфувати попередньо поверхню 1, витримуючи розмір  $25,025_{-0,033}$ .

2. Шліфувати остаточно поверхню 1, витримуючи розмір  $25,02_{-0,021}$ .

3. Перевстановити деталь

4. Шліфувати попередньо поверхню 3, витримуючи розмір  $25,005_{-0,033}$ .

5. Шліфувати остаточно поверхню 3, витримуючи розмір  $25_{-0,021}$ .

015 Фрезерна з ЧПК

1. Фрезерувати остаточно внутрішню поверхню 9 за два проходи по контуру, витримуючи розміри  $186^{+1,15}$ ;  $196^{+1,15}$ ;  $190^{+1,15}$ ;  $200^{+1,15}$  по програмі.

2. Фрезерувати остаточно внутрішню поверхню 8 по контуру, витримуючи розміри  $5 \pm 0,1$  по програмі.

020 Програмна з ЧПК

1. Фрезерувати попередньо зовнішню прямокутну поверхню 2 за два проходи по контуру, витримуючи розміри  $244_{-1,15}$ ;  $284_{-1,3}$ ;  $240_{-1,15}$ ;  $280_{-1,3}$  по програмі.

2. Центрувати отвори 18, 19, 20, 21 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 2,5^{+0,10}$ ;  $\varnothing 5,3^{+0,12}$ ;  $135 \pm 0,2$ ;  $235 \pm 0,02$ .

3. Центрувати отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 3,15^{+0,12}$ ;  $\varnothing 6,7^{+0,15}$ ;  $200 \pm 0,02$ ;  $235 \pm 0,02$ .

4. Свердлити отвори 18, 19, 20, 21 з обробкою фасок 4, 5, 6, 7 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 13,9^{+0,30}$ ;  $135 \pm 0,2$ ;  $235 \pm 0,02$ ;  $1,6 \times 45^\circ$ .

5. Нарізати різь 10...13 в отворах 18, 19, 20, 21 послідовно по програмі, витримуючи розміри M16-6H.

6. Свердлити отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 19^{+0,21}$ ;  $200 \pm 0,02$ ;  $235 \pm 0,02$ .

7. Зенкерувати отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи

розміри  $\varnothing 19,85^{+0,084}$ ;  $200 \pm 0,02$ ;  $235 \pm 0,02$ .

8. Розвернути попередньо отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 19,958^{+0,033}$ ;  $200 \pm 0,02$ ;  $235 \pm 0,02$ .

9. Розвернути остаточно отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 20^{+0,021}$ ;  $200 \pm 0,02$ ;  $235 \pm 0,02$ .

## 2.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунок припусків механічного оброблення деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 у розроблених технологічних процесах проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи. Результати розрахунків представлено у таблицях 2.8 та 2.9.

Таблиця 2.8 – Припуски оброблення деталі «Фланець» 381356/4

| Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі                     | Квалітет (ступінь точності) | Шорсткість, мкм | Допуск, мм | Припуск, мм          | Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|----------------------|----------------------------------------------------------|
| 1                                                                             | 2                           | 3               | 4          | 5                    | 6                                                        |
| Отвір $\varnothing 58H14^{(+0,74)}$                                           |                             |                 |            |                      |                                                          |
| Розточування напівчистове                                                     | 14                          | Ra6,3           | 0,74       | $0,5 \times 2 = 1,0$ | $\varnothing 58^{+0,74}$                                 |
| Розточування чорнове (зняття напуску за декілька проходів)                    | 14                          | Ra25            | 0,74       | $1,5 \times 2 = 3,0$ | $\varnothing 57^{+0,74}$                                 |
|                                                                               | 16                          | Ra50            | 1,9        | $3,0 \times 2 = 6,0$ | $\varnothing 54^{+1,9}$                                  |
|                                                                               |                             |                 | 1,6        | $3,0 \times 2 = 6,0$ | $\varnothing 48^{+1,6}$                                  |
|                                                                               |                             |                 |            | $3,0 \times 2 = 6,0$ | $\varnothing 42^{+1,6}$                                  |
| Заготовка (свердління)                                                        | 14                          | Ra 12,5         | 0,62       | $11 \times 2 = 22$   | $\varnothing 36^{+0,62}$                                 |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 120h14_{(-0,87)}$ ; $5 \pm IT14/2$ |                             |                 |            |                      |                                                          |
| Точіння напівчистове                                                          | 14                          | Ra 6,3          | 0,87       | $0,5 \times 2 = 1,0$ | $\varnothing 120_{-0,87}$                                |
| Точіння чорнове                                                               | 14                          | Ra 25           | 0,87       | $2,0 \times 2 = 4,0$ | $\varnothing 121_{-0,87}$                                |
| Заготовка                                                                     | норм. точн. прокатки        | Rz200           | 2,8        | $2,5 \times 2 = 5,0$ | $\varnothing 125^{+0,8}_{-2,0}$                          |

Закінчення таблиці 2.8

| 1                                                            | 2                    | 3      | 4     | 5                      | 6                               |
|--------------------------------------------------------------|----------------------|--------|-------|------------------------|---------------------------------|
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 113h8_{(-0,054)}$ |                      |        |       |                        |                                 |
| Шліфування чистове                                           | 8                    | Ra0,8  | 0,054 | $0,08 \times 2 = 0,16$ | $\varnothing 113_{-0,054}$      |
| Шліфування напівчистове                                      | 9                    | Ra3,2  | 0,087 | $0,3 \times 2 = 0,6$   | $\varnothing 113,16_{-0,087}$   |
| Точіння напівчистове                                         | 10                   | Ra6,3  | 0,14  | $1,62 \times 2 = 3,24$ | $\varnothing 113,76_{-0,14}$    |
| Точіння чорнове                                              | 14                   | Ra25   | 0,87  | $4,0 \times 2 = 8,0$   | $\varnothing 117_{-0,87}$       |
| Заготовка                                                    | норм. точн. прокатки | Rz200  | 2,8   | $6,0 \times 2 = 12,0$  | $\varnothing 125^{+0,8}_{-2,0}$ |
| Торцева поверхня $20h14_{(-0,52)}$                           |                      |        |       |                        |                                 |
| обробка лівої сторони                                        |                      |        |       |                        |                                 |
| Точіння напівчистове                                         | 14                   | Ra 6,3 | 0,52  | 0,5                    | $20_{-0,52}$                    |
| Точіння чорнове                                              | 16                   | Ra 25  | 1,3   | 3,0                    | $20,5_{-1,3}$                   |
| обробка правої сторони                                       |                      |        |       |                        |                                 |
| Точіння напівчистове                                         | 14                   | Ra 6,3 | 0,52  | 0,5                    | $23,5_{-0,52}$                  |
| Точіння чорнове                                              | 16                   | Ra 25  | 1,3   | 3,0                    | $24_{-1,3}$                     |
| Заготовка (відрізання)                                       | 15                   | Ra 70  | 0,8   | $3,5 \times 2 = 7,0$   | $27 \pm 0,4$                    |
| Внутрішня торцева поверхня $14^{+0,18}$                      |                      |        |       |                        |                                 |
| Шліфування чистове                                           | 12                   | Ra 1,6 | 0,18  | 0,3                    | $14^{+0,18}$                    |
| Шліфування напівчистове                                      | 12                   | Ra 2,5 | 0,18  | 0,7                    | $13,7^{+0,18}$                  |
| Підрізання напівчистове поперечне                            | 14                   | Ra12,5 | 0,43  | 1,0                    | $13^{+0,43}$                    |
| Підрізання чорнове поперечне                                 | 16                   | Ra25   | 1,1   | 1,5                    | $12^{+1,1}$                     |
| Заготовка                                                    | суцільний матеріал   | —      | —     | —                      | суцільний матеріал              |
| Внутрішня торцева поверхня $16 \pm IT14/2$                   |                      |        |       |                        |                                 |
| Підрізання напівчистове поперечне                            | 14                   | Ra6,3  | 0,4   | 0,5                    | $16 \pm 0,2$                    |
| Підрізання чорнове поперечне                                 | 16                   | Ra25   | 1,0   | 1,5                    | $15,5 \pm 0,5$                  |
| Заготовка                                                    | суцільний матеріал   | —      | —     | 2,0                    | суцільний матеріал              |



Таблиця 2.9 – Припуски оброблення деталі “Обойма” 0609-1908

| Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі       | Квалітет                | Шорсткість, мкм | Допуск, мм | Припуск, мм                    | Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1                                                               | 2                       | 3               | 4          | 5                              | 6                                                        |
| <b>Зовнішня прямокутна поверхня 280<sub>-1,3</sub>; Ra6,3</b>   |                         |                 |            |                                |                                                          |
| Фрезерування кінцевою фрезою чорнове за два проходи             | 14                      | Ra6,3           | 1,3        | 2,0 × 2 = 4,0<br>3,5 × 2 = 7,0 | 280 <sub>-1,3</sub><br>284 <sub>-1,3</sub>               |
| Заготовка                                                       | 2 клас точності кованки | Rz200           | 6,0        | 5,5 × 2 = 11                   | 291±3,0                                                  |
| <b>Зовнішня прямокутна поверхня 240<sub>-1,15</sub>; Ra6,3</b>  |                         |                 |            |                                |                                                          |
| Фрезерування кінцевою фрезою чорнове за два проходи             | 14                      | Ra6,3           | 1,15       | 2,0 × 2 = 4,0<br>3,5 × 2 = 7,0 | 240 <sub>-1,15</sub><br>244 <sub>-1,15</sub>             |
| Заготовка                                                       | 2 клас точності кованки | Rz200           | 6,0        | 5,5 × 2 = 11                   | 251±3,0                                                  |
| <b>Внутрішня прямокутна поверхня 190<sup>+1,15</sup>; Ra6,3</b> |                         |                 |            |                                |                                                          |
| Фрезерування кінцевою фрезою чорнове за два проходи             | 14                      | Ra6,3           | 1,15       | 2,0 × 2 = 4,0<br>3,0 × 2 = 6,0 | 190 <sup>+1,15</sup><br>186 <sup>+1,15</sup>             |
| Заготовка                                                       | 2 клас точності кованки | Rz200           | 6,0        | 5 × 2 = 10                     | 180±3,0                                                  |
| <b>Внутрішня прямокутна поверхня 200<sup>+1,15</sup>; Ra6,3</b> |                         |                 |            |                                |                                                          |
| Фрезерування кінцевою фрезою чорнове за два проходи             | 14                      | Ra6,3           | 1,15       | 2,0 × 2 = 4,0<br>3,0 × 2 = 6,0 | 200 <sup>+1,15</sup><br>196 <sup>+1,15</sup>             |
| Заготовка                                                       | 2 клас точності кованки | Rz200           | 6,0        | 5 × 2 = 10                     | 190±3,0                                                  |
| <b>Плоска поверхня 25h7<sub>(-0,021)</sub>; Ra0,8</b>           |                         |                 |            |                                |                                                          |
| Шліфування чистове                                              | 7                       | Ra0,8           | 0,021      | 0,005 × 2 = 0,01               | 25 <sub>-0,021</sub>                                     |
| Шліфування напівчистове                                         | 8                       | Ra2,5           | 0,033      | 0,015 × 2 = 0,03               | 25,01 <sub>-0,033</sub>                                  |
| Фрезерування напівчистове торцевою фрезою                       | 10                      | Ra5             | 0,084      | 0,5 × 2 = 1,0                  | 25,04 <sub>-0,084</sub>                                  |

Закінчення таблиці 2.9

| 1                                          | 2                             | 3     | 4    | 5                      | 6               |
|--------------------------------------------|-------------------------------|-------|------|------------------------|-----------------|
| Фрезерування<br>чорнове<br>торцевою фрезею | 12                            | Ra25  | 0,21 | $2,48 \times 2 = 4,96$ | $26,04_{-0,21}$ |
| Заготовка                                  | 2 клас<br>точності<br>кованки | Rz200 | 4,0  | $3 \times 2 = 6$       | $31 \pm 2,0$    |

## 2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання оброблення деталі «Фланець» 381356/4 проведено для 010 Токарної операції з ЧПК.

010 Токарна з ЧПК.

Перехід 6.

Свердлити отвір 8, витримуючи розмір  $\varnothing 36^{+0,62}$ .

Свердло НКХ Морзе 4  $\varnothing 36A$ ,  $L=344$

1. Глибина різання для свердління:

$$t = 0,5D \quad (2.20)$$

$$t = 0,5 \cdot 36 = 18 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{пер.}}, \quad (2.21)$$

де  $l_{\text{підв.}} + l_{\text{пер.}} + l_{\text{вріз.}} = 15 \text{ мм}$  [10] С.303.

$$L_{\text{р.х.}} = 20 + 15 = 35 \text{ мм.}$$

3. Подача при свердлінні:

$$S_o = S_{\text{от}} \cdot K_{ls}, \quad (2.22)$$

де  $S_{\text{от}} = 0,3 \text{ мм/об}$  [14];

$K_{ls} = 0,9$  при  $l \leq 5D$  [14].

Підставляємо дані у формулу (2.22):

$$S_o = 0,3 \cdot 0,9 = 0,27 \text{ мм/об.}$$

4. Швидкість різання при свердлінні:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.23)$$

де  $T = 45 \text{ хв}$  – стійкість свердла;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}. \quad (2.24)$$

Поправочний коефіцієнт матеріалу заготовки [14]:

$$K_{mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.25)$$

де  $\sigma_B = 470 \text{ МПа}$ ;

$n_v = 1,0$  [14].

$K_\Gamma = -0,9$  [14].

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{470} \right)^{-0,9} = 0,66.$$

$K_{iv} = 1,0$  – P6M5 [14];

$K_{lv} = 0,85$  [14];

$C_v = 9,8$ ;  $q = 0,4$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,20$  [14].

Підставляємо дані у формулу (2.24):

$$K_v = 0,66 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,561.$$

Підставляємо дані в формулу (2.23):

$$V = \frac{9,8 \cdot 36^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,27^{0,5}} \cdot 0,561 = \frac{9,8 \cdot 4,19}{2,14 \cdot 0,52} \cdot 0,561 = 20,7 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.26)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,7}{\pi \cdot 36} = 183 \text{ хв}^{-1}.$$

6. Крутний момент при свердлінні [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.27)$$

де  $K_p$  – поправочний коефіцієнт;

$$K_p = K_{mp}, \quad (2.28)$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.29)$$

$n = 0,75$  [14];

$$K_{mp} = \left( \frac{470}{750} \right)^{0,75} = 0,7.$$

$C_M = 0,0345$ ;  $y = 0,8$ ;  $q = 2,0$  [14];

Підставляємо дані у формулу (2.27):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 36^{2,0} \cdot 0,27^{0,8} \cdot 0,7 = 110 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7. потужність різання:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (2.30)$$

$$N_{різ} = \frac{110 \cdot 183}{9750} = 2,06 \text{ кВт}.$$

8. Перевіряємо потужність приводу верстата для свердління:

$$N_{різ} \leq N_{шп}. \quad (2.31)$$

### Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{III}} = N_{\text{d}} \cdot \eta, \quad (2.32)$$

$$N_{\text{III}} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВТ}.$$

$$N_{\text{piz}} = 2,06 \text{ kBT} < N_{\text{III}} = 8 \text{ kBT}.$$

Отже, режими різання назначені правильно.

## 9. Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n} \cdot i, \quad (2.33)$$

$$T_o = \frac{35}{0,27 \cdot 183} \cdot 1 = 0,7 \text{ XB.}$$

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій виготовлення деталей «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 і зведено у таблицях 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.10 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі «Фланець» 381356/4

[illegible]



Продовження таблиці 2.10

[illegible]

### Закінчення таблиці 2.10

| 1                                                                                                                                                   | 2     | 3  | 4 | 5 | 6                         | 7                            | 8                                                    | 9 | 10    | 11  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---|---|---------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|---|-------|-----|
| Шліфувати попередньо отвір 10 з підшліфовкою торця 12, витримуючи розміри $\varnothing 61,876^{+0,046}_{-0,046}$ ; $13,7^{+0,18}_{-0,18}$           | 0,516 | 19 | — | — | $S_{2x} 0,005$<br>ММ/ДВ.Х | $n_K = 12000$<br>$n_3 = 200$ | $V_{КОЛ} = 50$<br>М/ХВ<br>$V_{СПОЗД} = 6050$<br>М/ХВ | — | 0,17  | 1,4 |
| Перехід 3<br>Шліфувати остаточно отвір 10 з підшліфовкою торця 12, витримуючи розміри $\varnothing 61,961^{+0,030}_{-0,030}$ ; $14^{+0,18}_{-0,18}$ | 0,085 | 19 | — | — | $S_{2x} 0,005$<br>ММ/ДВ.Х | $n_K = 12000$<br>$n_3 = 200$ | $V_{КОЛ} = 50$<br>М/ХВ<br>$V_{СПОЗД} = 6050$<br>М/ХВ | — | 0,006 | —   |

Таблиця 2.11 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Обойма” 0609-1908

[illegible]



Продовження таблиці 2.11

[illegible]

Продовження таблиці 2.11

[illegible]

Закінчення таблиці 2.11

| 1                                                                                                                                                               | 2     | 3  | 4 | 5  | 6    | 7   | 8 | 9     | 10   | 11   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---|----|------|-----|---|-------|------|------|
| Розвернути попередньо отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 19,958^{+0,033}$ ; $200 \pm 0,02$ ; $235 \pm 0,02$          | 0,054 | 43 | 4 | 40 | 1,0  | 144 | 9 | 144   | 0,3  | 0,09 |
| Перехід 10<br>Розвернути остаточно отвори 14, 15, 16, 17 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 20^{+0,021}$ ; $200 \pm 0,02$ ; $235 \pm 0,02$ | 0,021 | 43 | 4 | 40 | 0,75 | 127 | 8 | 95,25 | 0,45 | 0,07 |

Розрахунок норм часу для 010 токарної з ЧПК операції технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» 381356/4 проведено аналітичним методом, а для решти операцій на основі табличних даних.

Штучний час операції, що виконується на токарному верстаті з ЧПК [1]:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), \quad (2.34)$$

де  $T_{\text{ц}}$  – час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі;

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}, \quad (2.35)$$

$T_{\text{o}}$  – основний час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі;

$$T_{\text{o}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.36)$$

$L_i$  – довжина ходу при обробленні  $i$ -тої поверхні, мм;

$S_i$  – подача інструменту, мм/хв;

$T_{\text{д}}$  – час на виконання допоміжних автоматичних дій;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{ді}} + T_{\text{дх}}, \quad (2.37)$$

де  $T_{ді}$  – час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі;

$$T_{ді} = (T_{п} + T_{ф}) \cdot k, \quad (2.38)$$

де  $T_{п}$  – час повороту різцевої головки;  $T_{п} = 0,016$  хв.

$k$  – кількість різців;

$T_{ф}$  – час фіксації різцевої головки;  $T_{ф} = 0,016$  хв.

$T_{дх}$  – час виконання переміщень без виконання процесу різання;

$$T_{дх} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{xi}}{S_{п}}, \quad (2.39)$$

де  $L_{xi}$  – довжина переміщень без виконання процесу різання;

$S_{п}$  – подача холостого ходу; для токарного верстата з ЧПК  $S_{п} = 5000$  мм/хв.

010 Токарна з ЧПК.

Основний час роботи токарного верстата з ЧПК:

$$T_o = 0,86 + 0,78 + 0,12 + 0,16 + 0,7 + 0,9 + 0,19 + 0,807 = 4,517 \text{ хв.}$$

Час виконання переміщень без виконання процесу різання (2.39):

$$T_{дх} = \frac{1365}{5000} = 0,273 \text{ хв.}$$

Час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі (2.38):

$$T_{ді} = (0,016 + 0,016) \cdot 5 = 0,16 \text{ хв.}$$

Час на виконання допоміжних автоматичних дій (2.37):

$$T_{д} = 0,16 + 0,273 = 0,433 \text{ хв.}$$

Час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі (2.35):

$$T_{ц} = 4,517 + 0,433 = 4,95 \text{ хв.}$$

Допоміжний час ручної роботи [1]:

$$T_{до} = T_{доу} + T_{доп} + T_{дов}, \quad (2.40)$$

де  $T_{доу}$  – час на встановлення та знімання деталі, хв;

$T_{доп}$  – час на виконання операції, хв;

$T_{дов}$  – час для контролю розмірів, хв.

Час на встановлення та знімання деталі  $T_{доу} = 0,22$  хв. [1].

Час на виконання операції [1].

– встановлення деталі та інструмента по координатах, підналагодження:  
 $t_1 = 0,32$  хв;

– перевірка переміщення інструментів:  $t_2 = 0,15$  хв;

– встановлення і знімання щитка для захисту від емульсії:  $t_3 = 0,03$  хв.

$$T_{доп} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

4.3. Час для контролю розмірів:

–  $20_{-0,52}$ ;  $\varnothing 120_{-0,87}$ ;  $\varnothing 36^{+0,62}$ ;  $\varnothing 61,36^{+0,12}$ ;  $13^{+0,43}$ ;  $\varnothing 58^{+0,74}$ ;  $16 \pm 0,2$  –  
 штангенциркулем –  $t_{1в} = 0,13 + 0,12 + 0,12 + 0,12 + 0,12 + 0,13 + 0,12 = 0,73$  хв.;  
 –  $1,82 \times 45^\circ$  – кутоміром універсальним –  $t_{2в} = 0,16$  хв.

$$T_{дов} = \sum t_{ів} = 0,73 + 0,16 = 0,89 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{довд} = T_{дов} \cdot 0,3 = 0,89 \cdot 0,3 = 0,267 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{до} = 0,22 + 0,5 + 0,267 = 0,987 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{оп.} = T_{ц} + T_{доп}, \quad (2.41)$$

$$T_{оп.} = 4,95 + 0,987 = 5,937 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.34):

$$T_{шт} = 5,937 \cdot \left(1 + \frac{29,685}{100}\right) = 7,7 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.42)$$

де  $n = 350$  шт,  $T_{пз} = 20$  хв.

$$T_{шт.к.} = 7,7 + \frac{20}{350} = 7,76 \text{ хв.}$$

005 Токарно-револьверна операція.

1. Основний час:  $T_o = 0,88 + 0,73 + 0,25 + 0,21 = 2,07$  хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к} = \Psi_k \cdot T_o. \quad (2.43)$$

$$T_{шт.к005} = 1,98 \cdot 2,07 = 4,1 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна

1. Основний час:  $T_{o015} = 0,06$  хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к015} = 1,72 \cdot 0,06 = 0,1 \text{ хв.}$$

020 Круглошліфувальна

1. Основний час:  $T_{o020} = 0,024 + 0,04 = 0,064$  хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к020} = 2,1 \cdot 0,064 = 0,134 \text{ хв.}$$

025 Внутрішньошліфувальна операція.

1. Основний час:  $T_{o025} = 0,17 + 0,006 = 0,176$  хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к025} = 2,1 \cdot 0,176 = 0,37 \text{ хв.}$$

У таблицях 2.12, 2.14 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.12 – Технічні норми часу виготовлення деталі «Фланець»  
381356/4

| Номер та назва операції     | T <sub>о</sub> , хв | Допоміжний час, T <sub>д</sub> хв |                    |                    | T <sub>оп</sub> , хв | Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв |                      |                   | T <sub>шт</sub> , хв. | T <sub>п.з.</sub> , хв. | n, шт | T <sub>шт.к</sub> , хв |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------|------------------------|
|                             |                     | T <sub>у</sub> .                  | T <sub>пер</sub> . | T <sub>вим</sub> . |                      | T <sub>тех.об.</sub>                     | T <sub>орг.об.</sub> | T <sub>відл</sub> |                       |                         |       |                        |
| 005 Токарно-револьверна     | 2,07                | –                                 | –                  | –                  | –                    | –                                        | –                    | –                 | –                     | –                       | 350   | 4,1                    |
| 010 Токарна з ЧПК           | 4,517               | 0,22                              | 0,5                | 0,267              | 5,937                | 0,2969                                   |                      |                   | 7,7                   | 20                      |       | 7,76                   |
| 015 Вертикально-свердлильна | 0,417               | –                                 | –                  | –                  | –                    | –                                        | –                    | –                 | –                     | –                       |       | 0,1                    |
| 020 Кругло-шліфувальна      | 0,064               | –                                 | –                  | –                  | –                    | –                                        | –                    | –                 | –                     | –                       |       | 0,134                  |
| 025 Внутрішньо-шліфувальна  | 0,176               | –                                 | –                  | –                  | –                    | –                                        | –                    | –                 | –                     | –                       |       | 0,37                   |

Таблиця 2.14 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Обойма” 0609-1908

| Номер та назва операції  | T <sub>о</sub> , хв | Допоміжний час, T <sub>д</sub> хв |                  |                  | T <sub>оп</sub> , хв | Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв |                      |                   | T <sub>шт</sub> , хв. | T <sub>п.з.</sub> , хв. | n, шт | T <sub>шт.к</sub> , хв |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------|------------------------|
|                          |                     | T <sub>у</sub> .                  | T <sub>пер</sub> | T <sub>вим</sub> |                      | T <sub>тех.об.</sub>                     | T <sub>орг.об.</sub> | T <sub>відл</sub> |                       |                         |       |                        |
| 005 Вертикально-фрезерна | 4,52                | –                                 | –                | –                | –                    | –                                        | –                    | –                 | –                     | –                       | 27    | 8,32                   |
| 010 Плоско-шліфувальна   | 3,96                | –                                 | –                | –                | –                    | –                                        | –                    | –                 | –                     | –                       |       | 7,92                   |
| 015 Фрезерна з ЧПК       | 8,62                |                                   |                  |                  |                      |                                          |                      |                   |                       |                         |       | 15,86                  |
| 020 Програмна ЧПК        | 1,82                | 0,8                               | 0,84             | 0,378            | 14,12                | 0,9484                                   |                      |                   | 27,51                 | 29,4                    |       | 28,6                   |

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для обробки отворів та контуру в деталі “Обойма” 0609-1908 на 020 програмній з ЧПК операції розроблено спеціальний пристрій для базування та затиску заготовки.

Пристрій призначений для фрезерування зовнішньої прямокутної поверхні 2, витримуючи розміри  $244_{-1,15}$ ;  $284_{-1,3}$ ;  $240_{-1,15}$ ;  $280_{-1,3}$  ; формування різьбових отворів М16-6Н,  $135\pm0,2$ ; формування отворів  $\varnothing 20^{+0,021}$ ;  $200\pm0,02$ ;  $235\pm0,02$ .

Деталь базують в пристосуванні по внутрішніх площинах на плиту 21, пластину 19 з упором в палець 17, позбавляючи шести степеней вільності.

Затиск заготовки здійснюється передачею зусилля від пневмоциліндра двохсторонньої дії через важіль 11, що повертається навколо осі 12 на притискач 16. При переміщенні притискача 16 вліво здійснюється затиск заготовки.

Креслення пристрою представлено у графічній частині.

Похибку встановлення заготовки деталі “Обойма” 0609-1908 у пристрої знаходимо за формулою [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2} . \quad (3.1)$$

Необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена, якщо похибка встановлення заготовки буде меншою за допуск розмірів деталі, які досягають під час свердління [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 \leq \Delta\varepsilon_{10} . \quad (3.2)$$

Точність діаметральних розмірів  $\varnothing 20\text{H}7$ , М16-6Н забезпечено інструментами, тому похибка базування на ці розміри буде дорівнювати нулю,



тобто  $\Delta_6 = 0$ . Точність відстані між центрами отворів забезпечено за рахунок точності позиціонування інструментів системою ЧПК верстата.

Похибка установки виникає при формуванні площин із розмірами 240h14<sub>(-1,15)</sub>, 280h14<sub>(-1,3)</sub>. Технологічними базами є плоска пластина та циліндричний палець згідно креслення пристосування. Тоді похибка базування на розмір 240 буде дорівнювати:

$$\Delta_{6240} = \delta_{\text{дет}}/2 + \delta_{\text{пал}}/2, \quad (3.3)$$

де  $\delta_{\text{дет}}$  – допуск на розмір базової поверхні деталі,  $\delta_{\text{дет}} = 1,15\text{мм}$ ;

де  $\delta_{\text{пал}}$  – допуск на розмір пальця,  $\delta_{\text{пал}} = 0,027\text{мм}$ ;

Таким чином,  $\Delta_{6240} = 1,15/2 + 0,027/2 = 0,589\text{ мм}$ .

Похибка закріплення при прикладанні сили перпендикулярно до розміру дорівнює нулю, тобто  $\Delta_{3240} = 0$ .

Похибка пристосування  $\Delta_{\text{п}} = 15\text{ мкм}$ .

Похибка установки на розмір 240:

$$\Delta\varepsilon_{1210} = \sqrt{0,585^2 + 0,015^2} = 0,5852\text{мм}.$$

Допустима похибку при обробленні площин:

$$\Delta\varepsilon_{10} = \delta, \quad (3.4)$$

де  $\delta$  – допуск розмірів,  $\delta = 1,15\text{мм}$ .

Перевіряємо виконання умови (3.4):

$$0,5852\text{мм} < 1,15\text{мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена.

Похибка базування на розмір 280:

$$\Delta_{6280} = \delta_{\text{дет}}/2 + \delta_{\text{пл}}/2, \quad (3.5)$$

де  $\delta_{\text{дет}}$  – допуск на розмір базової поверхні деталі,  $\delta_{\text{дет}} = 1,15\text{мм}$ ;

$\delta_{\text{пал}}$  – допуск на розмір опорної пластини,  $\delta_{\text{пал}}=0,057\text{мм}$ ;

Таким чином,  $\Delta_{\text{з280}} = 1,15/2 + 0,057/2 = 0,604 \text{ мм}$ .

Похибка закріплення на розмір 280 згідно креслення  $\Delta_{\text{з280}} = 0,05\text{мм}$ .

Тоді похибка установки на розмір 280 буде дорівнювати:

$$\Delta\epsilon_{1280} = \sqrt{0,585^2 + 0,05^2 + 0,015^2} = 0,587\text{мм}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.4):

$$0,587\text{мм} < 1,3\text{мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена.

### **3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі**

Розрахунок силових параметрів під час затиску заготовки деталі “Обойма” 0609-1908 при проектуванні пристрою проведено для переходу фрезерування зовнішнього контуру; оскільки на цьому переході виникають найбільші значення сил різання на 020 операції.

На рис. 3.1 представлено схему для розрахунку силових параметрів при затиску заготовки деталі.

Заготовка базується на палець, плиту та прямокутну пластину і закріплюється притискачем. При цьому на заготовку діє сила затиску  $P_{\text{зат}}$ . Крім цього на заготовку діє сила різання  $P_z$  під час фрезерування контуру, що намагається змістити її.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1 записуємо рівняння рівноваги сил, що діють на заготовку:

$$P_{\text{зат}} \cdot f_1 = K \cdot P_z, \quad (3.6)$$

де  $f_1=0,2$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і притискачем;

$K=2,5$  – коефіцієнт запасу.

Силу різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot K_p}{D^q \cdot n^w}, \quad (3.7)$$

де  $C_p = 12,5$ ;  $q = 0,73$ ;  $y = 0,75$ ,  $x=0,85$ ,  $u=1$ ,  $w=-0,13$  [14].

$D$  – діаметр фрези,  $D = 40$  мм ;

$S_z = 0,1$  мм/зуб;

$t=3,5$ мм;

$B=25$ мм;

$n=3360$ б/хв.

$$K_p = K_{mp}, \quad K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22.$$

Підставляємо дані у формулу (3.7):

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 3,5^{0,85} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 25^1 \cdot 1,22}{40^{0,73} \cdot 336^{-0,13}} = 283,34 \text{ Н.}$$

Із рівняння (3.6) визначаємо силу затиску заготовки:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot P_z}{f_1}, \quad (3.8)$$

$$P_{\text{зат}} = \frac{2,5 \cdot 283,34}{0,2} = 3541,8 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_{\text{зат}} \leq W, \quad (3.9)$$

де  $W$  – сила створена пристроєм при затиску заготовки.

На основі розрахункової схеми рис. 3.1, з врахуванням важельного механізму, отримано формулу для визначення сили створеної пристроєм при затиску заготовки:

$$W = \frac{F_1 l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.10)$$

де  $l_1$  – довжина плеча важеля із сторони штока;  $l_1 = 110$  мм ;

$l_2$  – довжина плеча важеля із сторони притискача;  $l_2 = 55$  мм ;

$\eta = 0,9$ .

$F_1$  – сила на штоці пневмоциліндра.

Сила на штоці пневмоциліндра [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot D_1^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.11)$$

де  $D_1=100$  мм діаметр циліндра;

Із формули (3.11) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot 0,1^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2826 \text{ Н}.$$

Підставляємо дані у формулу (3.10)

$$W = \frac{2826}{55} \cdot 0,9 = 5549,2 \text{ Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.9):  $P_{\text{зат}} = 3541,8 \text{ Н} < W = 5549,2 \text{ Н}$ .

Оскільки умова (3.9) виконується, відповідно затиск заготовки деталі “Обойма” 0609-1908 буде забезпечено.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1. Акустичний вплив виробничого середовища на людину та техніко-організаційні заходи щодо зниження шумового навантаження на діляниці механічної обробки деталей**

Акустичне забруднення є типовим виробничим чинником, що має широке розповсюдження у галузях промисловості, транспорту та аграрного сектору. З розвитком механізації та автоматизації технологічних процесів зростає кількість професій, пов'язаних з впливом шуму, а поглиблення технологічної спеціалізації зумовлює збільшення експозиції до шумового навантаження.

У машинобудівному виробництві джерелами підвищених рівнів звукового тиску виступають металообробні операції, зокрема, процеси механічної обробки. Пікові рівні шуму фіксуються у виробництвах холодного висаджування (101–105 дБА), цвяхових лініях (104–110 дБА), полірувальних постах (115–117 дБА), а також при роботі токарно-револьверного (84–88 дБА) та фрезерного (93–95 дБА) обладнання. У кувалдно-штампувальних зонах рівень шуму досягає 110–115 дБА. Значне акустичне навантаження створюється також при експлуатації пневматичних інструментів, обрубці та очищенні лиття.

Акустичний вплив часто має синергетичний ефект із іншими шкідливими факторами виробничого середовища, такими як вібрація, інфразвук, ультразвук, несприятливий мікроклімат, токсичні агенти та електромагнітне випромінювання. Надмірний шум викликає зниження функціональної ефективності працівника, зростання рівня виробничого травматизму та загальнотрудової захворюваності.

Як стресовий подразник, шум здійснює неспецифічний негативний вплив на функціональні системи організму. При систематичному тривалому впливі можливе формування професійної патології слухового аналізатора та порушення діяльності центральної нервової системи (ЦНС) і серцево-судинної

системи. Нейрогуморальна дестабілізація спричиняє зниження рівня нейроендокринної регуляції.

Патофізіологічні ефекти класифікують на:

- специфічні – акустична травма, нейросенсорна втрата слуху;
- неспецифічні – порушення в роботі вегетативної, серцево-судинної, ендокринної та травної систем.

На ранніх стадіях професійного стажу відзначаються прояви астеничного синдрому, функціональні порушення ЦНС: головний біль, зниження когнітивних функцій, порушення сну та емоційна лабільність. За стажу понад 10 років спостерігається розвиток стійких форм астено-вегетативного синдрому (гіпертонічного, гіпотонічного або кардіального типу). Можливі також розлади психомоторної функції, когнітивна деградація, зниження моторної координації та інтелектуальної продуктивності, порушення метаболізму та вегетативної регуляції.

Відповідно до діючих санітарних норм, шум поділяється на:

- за спектральною характеристикою: широкосмуговий (із безперервним спектром понад одну октаву), тональний (наявність виражених дискретних компонентів);
- за часовою структурою:
  - постійний (варіація  $\leq 5$  дБА протягом 8-годинної зміни);
  - непостійний (варіація  $> 5$  дБА), з підтипами:
    - коливний;
    - переривчастий (зміна  $\geq 5$  дБА з інтервалами  $\geq 1$  с);
    - імпульсний (тривалість  $\leq 1$  с).

Гранично допустимий рівень звукового тиску на постійних робочих місцях — 80 дБА.

Інженерно-технічні та профілактичні заходи протидії шуму:

1. На джерелі виникнення: акустична оптимізація конструкцій, застосування малошумних технологій, демпфуючих матеріалів, заміна технологічних процесів на менш шумні.

2. На шляху розповсюдження: встановлення шумозахисних кожухів, акустичних екранів, резонаторів і глушників, облицювання поверхонь звукопоглинальними матеріалами (мінераловатні плити, акустична штукатурка тощо).

3. На рівні індивідуального захисту: застосування протишумових навушників, вкладишів, шоломів.

Технологічні методи передбачають акустичну експертизу при проєктуванні машин, раціональне розміщення джерел шуму, дистанційне керування, автоматизацію виробничих ліній та обмеження контакту оператора з джерелами звуку.

Планувальні рішення включають функціональне зонування (ізоляція шумних цехів), оптимальне розташування будівель, створення зелених шумозахисних насаджень, облаштування санітарно-захисної зони.

Акустична архітектура цехів малих об'ємів реалізується через облицювання пористими матеріалами, у великих приміщеннях — через встановлення об'ємних звукопоглиначів (конуси, панелі).

У випадку аеродинамічного шуму (вентиляція, компресори) застосовують глушники відповідної конструкції: реактивні — для низькочастотного діапазону, активні — для високочастотного.

Якщо неможливо забезпечити нормативну акустичну безпеку інженерними методами, необхідно впроваджувати організаційно-технічні заходи, включно з ротацією персоналу, регламентацією тривалості шумового навантаження та обов'язковим використанням засобів індивідуального захисту.

#### **4.2. Фінансування заходів з охорони праці на підприємстві**

Відповідно до вимог чинного законодавства України, фінансування заходів з охорони праці здійснюється за рахунок роботодавця (суб'єкта господарювання), який несе повну матеріальну відповідальність за створення безпечних і нешкідливих умов праці на всіх етапах виробничого процесу.

Паралельно, відповідно до Закону України «Про охорону праці», бюджетне забезпечення заходів профілактичного характеру, спрямованих на запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням, здійснюється також за рахунок державного і місцевих бюджетів. Це стосується виконання загальнодержавних, галузевих і регіональних програм охорони праці.

Для всіх суб'єктів господарювання незалежно від форми власності, а також для фізичних осіб-підприємців, що використовують найману працю, нормативом мінімального рівня фінансування охорони праці є 0,5% від обсягу реалізованої продукції (робіт, послуг). Для бюджетних установ — не менше 0,2% від загального фонду оплати праці, що повинно бути передбачено відповідною статтею у фінансовому плані або кошторисі бюджетної установи.

З метою стимулювання належного рівня безпеки праці, законодавством передбачені економічні важелі впливу та пільгове оподаткування. Зокрема:

- Можливість цільового податкового кредиту на витрати, пов'язані з реалізацією технічних, організаційних та профілактичних заходів у сфері охорони праці.

- Диференціація тарифів єдиного соціального внеску (ЄСВ) на випадок нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань залежно від виробничого ризику: підприємства з ефективною системою управління охороною праці отримують знижені тарифи, а ті, де умови праці не відповідають вимогам, — підвищені.

- Система матеріального й морального стимулювання працівників, що включає преміювання за активну участь у розробці й впровадженні інженерно-технічних рішень у сфері безпеки, індексацію заробітної плати за інноваційні раціоналізаторські пропозиції, публічне визнання та моральні заохочення (подяки, грамоти тощо), передбачені колективними угодами.

Фонд охорони праці підприємства — це цільовий внутрішній резерв, який формується відповідно до затвердженого кошторису та використовується виключно на реалізацію затверджених заходів технічного, організаційного, санітарно-гігієнічного та соціального характеру. Кошти фонду не підлягають



використанню на нецільові потреби (згідно зі ст. 162 КЗпП України) та мають забезпечувати дотримання нормативів, узгоджених із територіальними підрозділами Державної служби України з питань праці.

До допустимих напрямів використання коштів фонду належать:

- технічне переоснащення об'єктів виробничої інфраструктури з урахуванням вимог промислової безпеки (наприклад, монтаж систем вентиляції, шумоглушників, локалізаторів пилу);
- закупівля сертифікованих засобів індивідуального (ЗІЗ) та колективного захисту (каска, протигази, респіратори, діелектричні рукавиці тощо);
- організація спеціальних медичних оглядів, психофізіологічного тестування, вакцинацій;
- виплата гарантованих компенсацій за роботу у шкідливих умовах (додаткові відпустки, скорочений робочий день, молоко, мийні засоби);
- впровадження автоматизованих систем контролю безпеки (АСУ ТП з модулями безпечного моніторингу);
- створення інфраструктури для рекреації персоналу, озеленення територій, впорядкування зон санітарного захисту, впровадження природоохоронних заходів.

Усі витрати на охорону праці, що відносяться до складу валових витрат суб'єкта господарювання, мають бути підтверджені первинною документацією та відповідати затвердженому Кабінетом Міністрів України Переліку заходів і засобів з охорони праці, що підлягають фінансуванню.

Забезпечення ефективного фінансування заходів з охорони праці є елементом системи управління охороною праці (СУОП) підприємства і має реалізовуватись у рамках інтегрованого підходу до ризик-менеджменту, спрямованого на ідентифікацію, оцінку, мінімізацію та моніторинг виробничих ризиків.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталі «Фланець» 381356/4 та «Обойма» 0609-1908 використовуються у приводному механізмі скребкового конвеєра. При цьому фланець використовується як опора для підшипника кочення, а обойма – як частина рамної конструкції для кріплення елементів конвеєра. Матеріали деталей сталь Ст3 та сталь 45.

Базові технологічні процеси виготовлення деталей відповідають дрібносерійному типу виробництва. Річні програми випуску, що вказані у завданні, відповідають середньосерійному типу виробництва.

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовок використовуються відносно меншої вартості методи, зокрема прокат, вільне кування на молотах; токарне оброблення поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів; для свердління групи отворів та їх наступного оброблення використовуються вертикально-свердлильні верстати із багатошпindelними свердлильними головками; для фрезерування контурів, оброблення отворів використовуються фрезерні та багатоцільові верстати з ЧПК замість звичайних вертикально-фрезерних та координатно-розточних верстатів; застосовуються інструменти та технологічне оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Вдосконалення технологічних процесів дозволяє підвищити продуктивність виготовлення фланців та обойм.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” /

Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

13. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

14. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

15. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.