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

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету )
Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення колеса зубчастого 8.428.068

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності 131 “Прикладна механіка”
(шифр і назва спеціальності)

| | | |
|---|---|---|
| | (підпис) | Гефко М.Т. (прізвище та ініціали) |
| Керівник | (підпис) | Окіпний І.Б. (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) |

Тернопіль
2025

# РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:
“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення колеса зубчастого 8.428.068” студента групи МП-41 Гефка М.Т. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Окіпний І.Б.

Мета роботи – підвищити продуктивність базового технологічного процесу механічного оброблення колеса зубчастого 8.428.068.

У першій частині, на основі розрахованих критеріїв встановлено, що за кількісними та якісними показниками деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 є технологічною. Проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі. На основі аналізу встановлено, що базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає дрібносерійному типу виробництва, що пов’язано із використанням універсального технологічного обладнання без програмного керування, а також на обладнанні застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску

Річна програма випуску 850 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва, тому у проектному технологічному процесі запроваджено зміни для підвищення його продуктивності.

У другій частині визначено тип виробництва – середньосерійний на основі даних штучного часу на кожну із операцій базового технологічного процесу. Метод грунтується на розрахунку коефіцієнта закріплення операцій.

Коефіцієнт використання матеріалу для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі є вищим ніж для поковки, виготовленої вільним куванням на молотах з підкладними кільцями, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі вибрано перший спосіб.

Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та технічні норми часу. Розроблено технологічний процес механічного оброблення колеса зубчастого 8.428.068.

У третій частині для обробки отворів деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 на 025 свердлильній з ЧПК операції проведено проектування спеціального пристрою.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

**Вступ .....**

**1 Загально-технічна частина**

1.1. Службове призначення деталі .....

1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....

1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....

**2 Технологічна частина**

2.1. Визначення типу виробництва.....

2.2. Вибір способу одержання заготовки.....

2.3. Вибір технологічних баз.....……..

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....

2.5. Визначення припусків на оброблення.....

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

**3 Конструкторська частина**

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

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

**4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці**

4.1. Інженерний розрахунок запобіжного клапана, встановленого на апараті, що експлуатується під надлишковим тиском.....

4.2. Характеристика дільниці механічної обробки деталі з позицій охорони праці.....

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

# ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 для умов середньосерійного типу виробництва. Деталь застосовується як робочий елемент кінематичної схеми скребкового конвеєра для переміщення зернових матеріалів. Колесо зубчасте 8.428.068 призначене для передачі обертового руху та крутних моментів між валами а також виконавчим робочим елементам конвеєра, при транспортуванні зернових матеріалів. Деталь відповідно до креслення виготовляється із сталі 40ХН2МА.

Базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 встановлено його відповідність дрібносерійному типу виробництва, а саме застосування універсального технологічного обладнання без програмного керування, на обладнанні застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому при розробленні проектного технологічного процесу необхідно внести такі зміни: для виготовлення заготовки використовувати точні методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів з ручним управлінням; свердління шести отворів доцільно виконувати на свердлильному верстаті з ЧПК замість координатно-розточного верстата з ручним управлінням; фінішне оброблення поверхонь, що передбачають допуск на радіальне та торцеве биття доцільно виконувати відносно бази А, застосовуючи беззазорні оправки із базуванням по центральному отвору; застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 застосовується як робочий елемент кінематичної схеми скребкового конвеєра для переміщення зернових матеріалів. Колесо зубчасте 8.428.068 призначене для передачі обертового руху та крутних моментів між валами а також виконавчим робочим елементам конвеєра, при транспортуванні зернових матеріалів.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик вказаного зубчастого колеса є: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90K7\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$, Ra 1,6 – посадочна поверхня для зовнішніх кілець радіальних підшипників кочення; зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 110k6\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$, Ra 1,6 – посадочна поверхня для встановлення привідного елемента конвеєра; зовнішня зубчаста поверхня ∅193; ∅177; Ra 3,2; z=59 – для передачі обертового руху та крутного моменту; шість отворів $\varnothing 11,5H14(^{+0,43})$; Ra 6,3 – для закріплення до деталі привідного елемента конвеєра болтами; торцева поверхня 25h14; Ra 3,2 – для точного взаємного розміщення зубчастого колеса та привідного елемента конвеєра, дві внутрішня канавки $\varnothing 93,5H14(^{+0,46})$; $b=1,9^{+0,2}$ – для встановлення стопорних упорних кілець для підшипників кочення.

Інші поверхні підлягають механічній обробці, визначають конфігурацію колеса зубчастого, забезпечують його жорсткість, простоту монтажу та необхідні технічні вимоги.

Деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 відповідно до креслення виготовляється із сталі 40ХН2МА, до складу якої входять домішки хрому, нікелю, марганцю та молібдену. Необхідність застосування такого матеріалу визначається вимогами, які повинна забезпечувати деталь. Основними особливостями такої сталі є висока границя текучості та міцності, велика контактна міцність, стійкість до ударних навантажень, значна втомна міцність.

У таблицях 1.1 та 1.2 детальніше наведено інформацію про хімічний склад та характеристики механічних випробувань сталі 40ХН2МА.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40ХН2МА, %

| C | Si | Мп | P | Cr | S | Cu | Ni | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,37-0,44 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | до 0,035 | 0,6-0,9 | до 0,035 | до 0,3 | 1,25-1,65 | 0,15-0,25 |

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сталі 40ХН2МА

| $\sigma_т$, МПа | $\sigma_в$, МПа | $\delta_5$, % | $\psi$, % | $\rho$, кг/м$^3$ | KCU, кДж/м$^2$ | НВ | Сортамент |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| не менше | | | | | | після відпалу | |
| 930 | 1080 | 12 | 50 | 7850 | 780 | 269 | пруток ∅25 |

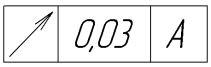
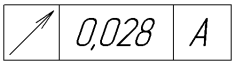
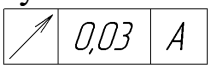
### 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 на першому етапі проведено вивчення технічних вимог та показників якості поверхонь деталі, аналізуючи креслення. Після вивчення вимог до точності та шорсткості поверхонь, їм присвоєно номера та відображено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних вимог та показників якості поверхонь деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| Номер поверхні | Назва поверхні | Квалітет | Шорсткість |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅193 | 14 | Ra 6,3 |
| 2, 24 | Торцева поверхня 50h14($_{-0,62}$) | 14 | Ra 6,3 |
| 3, 6, 7, 25 | Фаска внутрішня 1×45° | 14 | Ra 6,3 |
| 4 | Внутрішня торцева поверхня 15±0,2 | 14 | Ra 6,3 |
| 5 | Внутрішня циліндрична канавка ∅150Н14; ∅106Н14 | 14 | Ra 6,3 |
| 8 | Внутрішня циліндрична поверхня ∅90К7$\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$, базова поверхня А | 7 | Ra 1,6 |

Закінчення таблиці 1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 9, 26 | Дві внутрішні канавки ∅93,5H14($^{+0,46}$); b=1,9$^{+0,2}$ | 14 | Ra 6,3 |
| 10, 11, 23 | Фаска зовнішня 1×45° | 14 | Ra 6,3 |
| 12 | Зовнішня торцева поверхня 20h14($_{-0,52}$) | 14 | Ra 6,3 |
| 13 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅170h14($_{-1,0}$) | 14 | Ra 6,3 |
| 14 | Торцева поверхня 25h14($_{-0,52}$); 10±0,2   | 14 | Ra 3,2 |
| 15…20 | Шість отворів ∅11,5H14($^{+0,43}$); 60°±30′; ∅130±0,1 | 14 | Ra 6,3 |
| 21 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅110k6$\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$; 10±0,2   | 6 | Ra 1,6 |
| 22 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅105h14($_{-0,87}$) | 14 | Ra 6,3 |
| 27 | Зубчаста поверхня ∅193; ∅177; Ra 3,2; z=59   | Восьмий ступінь точності | Ra 3,2 |

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

При аналізі технологічності деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 враховано те, що програма випуску дорівнює 850 шт. та відповідає середньосерійному типу виробництва. В процесі аналізу розглянуто вимоги до точності, шорсткості поверхонь, характеристик евольвентних зубів, торцевого та радіального биття відносно центральної осі та інші технічні вимоги.

Матеріал деталі сталь 40ХН2МА має високі границі текучості та міцності, велику контактну міцність, стійкість до ударних навантажень, значну втомну міцність, добре піддається різанню. Тому зубчасте колесо може передавати значні крутні моменти при циклічних навантаженнях.

Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки прокат та різні методи об’ємного пластичного

деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі, вільне кування на молотах у підкладних кільцях.

У конструкції зубчастого колеса є достатня кількість поверхонь для базування та закріплення заготовки для різних методів чорнового та чистового механічного оброблення, зокрема нарізання зубів. Жорсткість деталі достатня для прикладання зусиль затиску пристроями із механічним приводом. Для забезпечення точності оброблення зубів, зовнішньої циліндричної поверхні за 6 квалітетом точності, торцевого та радіального биття відносно центральної осі в межах допуску на першій операції доцільно проводити оброблення центрального отвору 8, торцевої поверхні 2 та зовнішнього діаметра зубів, що будуть основними базами на наступних операціях.

Для оброблення отворів, торців та зубів можливе використання стандартних інструментів, зокрема черв'ячної фрези, свердл, різців, шліфувальних кругів, а також як обладнання можна використовувати верстати з ЧПК.

Враховуючи вище вказане, за якісними показниками деталь "Колесо зубчасте" 8.428.068 є технологічною.

Крім цього проведено розрахунок технологічності деталі "Колесо зубчасте" 8.428.068 за трьома кількісними показниками: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, відповідно до відомих методик та даних із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

$$К_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{ср}}, \qquad (1.1)$$

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 24 + 7 \cdot 2 + 6 \cdot 1}{27} = 13,2;$$

$$К_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{13,2} = 0,92.$$

При $К_{тч} = 0,92 > 0,8$ деталь "Колесо зубчасте" 8.428.068 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$К_{ш} = \frac{1}{Б_{ср}}, \quad (1.2)$$

$$Б_{ср} = \frac{\sum Б_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 2 + 3 \cdot 24}{27} = 3{,}15,$$

$$К_{ш} = \frac{1}{3{,}15} = 0{,}32.$$

При $К_{ш} = 0{,}32 > 0{,}16$ деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$К_{у.е.} = \frac{N_{у.е}}{N_е} = \frac{22}{27} = 0{,}81.$$

При $К_{уе} = 0{,}81 > 0{,}6$ деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 є технологічною.

Враховуючи проведені розрахунки та критерії, за кількісними показниками деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 є технологічною.

### 1.4. Аналіз базового технологічного процесу

У таблиці 1.4. представлено перелік технологічного устаткування та операцій базового технологічного процесу, що використовується для виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 у послідовності їх виконання.

Таблиця 1.4 – Перелік технологічного устаткування та операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| Операція | Технологічне обладнання | Технологічне оснащення |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 005 Токарно-гвинторізна | Токарно-гвинторізний верстат 16К20 | Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий |
| 010 Токарно-гвинторізна | Токарно-гвинторізний верстат 16К20 | Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий |
| 015 Внутрішньо-шліфувальна | Внутрішньо-шліфувальний верстат 3К227В | Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий |

Закінчення таблиці 1.4

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 020 Круглошліфувальна | Круглошліфувальний верстат 3У12УА | Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий |
| 025 Координатно-розточна | Координатно-розточний верстат 2421 | Спеціальне пристосування з базуванням по внутрішній циліндричній поверхні на оправку з упором в торець з ручним затиском |
| 030 Зубофрезерна | Зубофрезерний напівавтомат 5К310 | Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий |
| 035 Контроль | Стіл контролера | Універсальні вимірювальні інструменти |

Аналізуючи базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 встановлено його відповідність дрібносерійному типу виробництва, а саме застосування універсального технологічного обладнання без програмного керування, на обладнанні застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску. Для досягнення точності та шорсткості поверхонь деталі використовуються стандартні універсальні ріжучі (різці, свердла, шліфувальні круги, черв’ячні фрези) та вимірювальні інструменти.

### 1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У розділі проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 як робочого елемента кінематичної схеми скребкового конвеєра для переміщення зернових матеріалів. Проведено вивчення технічних вимог та показників якості поверхонь деталі, аналізуючи креслення. Також розглянуто можливості і методи досягнення вказаних параметрів при розробленні проектного технологічного процесу механічного оброблення деталі із вибором способу виготовлення заготовки.

На основі розрахованих критеріїв а також аналіз конструкції, за якісними та кількісними показниками деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 є

технологічною.

Матеріал деталі сталь 40ХН2МА має високі границі текучості та міцності, велику контактну міцність, стійкість до ударних навантажень, значну втомну міцність, добре піддається різанню. Тому зубчасте колесо може передавати значні крутні моменти при циклічних навантаженнях. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки прокат та різні методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі, вільне кування на молотах у підкладних кільцях.

Для забезпечення точності оброблення зубів, зовнішньої циліндричної поверхні за 6 квалітетом точності, торцевого та радіального биття відносно центральної осі в межах допуску на першій операції доцільно проводити оброблення центрального отвору 8, торцевої поверхні 2 та зовнішнього діаметра зубів, що будуть основними базами на наступних операціях.

Для оброблення отворів, торців та зубів можливе використання стандартних інструментів, зокрема черв'ячної фрези, свердл, різців, шліфувальних кругів, а також як обладнання можна використовувати верстати з ЧПК.

Аналізуючи базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі "Колесо зубчасте" 8.428.068 встановлено його відповідність дрібносерійному типу виробництва, а саме застосування універсального технологічного обладнання без програмного керування, на обладнанні застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску. Річна програма випуску 850 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни:

– для виготовлення заготовки використовувати точні методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі;

- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з

ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів з ручним управлінням;

- свердління шести отворів доцільно виконувати на свердлильному верстаті з ЧПК замість координатно-розточного верстата з ручним управлінням;

- фінішне оброблення поверхонь, що передбачають допуск на радіальне та торцеве биття доцільно виконувати відносно бази А, застосовуючи беззазорні оправки із базуванням по центральному отвору;

– застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність та точність виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068.

# 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 для програми випуску N = 850 шт. і маси m = 3,24 кг, визначений табличним методом, є середньосерійний.

Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі і відповідно проектування нового точний розрахунок типу виробництва проведемо аналітичним методом, використовуючи дані штучного часу на кожну із операцій базового технологічного процесу. Проводимо визначення коефіцієнта закріплення операцій, величина якого відповідає певному типу виробництва.

У таблиці 2.1. представлено перелік операцій базового технологічного процесу та штучного часу на їх виконання при виготовленні деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

Таблиця 2.1 –Штучний час на виконання операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| Операція | $T_{шт}$ | Операція | $T_{шт}$ |
|---|---|---|---|
| 005 Токарно-гвинторізна | 28,8 | 020 Круглошліфувальна | 5,68 |
| 010 Токарно-гвинторізна | 25,4 | 025 Координатно-розточна | 14,8 |
| 015 Внутрішньо-шліфувальна | 5,25 | 030 Зубофрезерна | 23,13 |

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

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{зн}}, \qquad (2.1)$$

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

$\eta_{з.н.}$ = 0,75.

$$m_{p005} = \frac{850 \cdot 28,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,13.\ P_{005} = 1 \text{ верстат;}$$

$$m_{p010} = \frac{850 \cdot 25,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,11.\ P_{010} = 1 \text{ верстат;}$$

$$m_{p015} = \frac{850 \cdot 5,25}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,02.\ P_{015} = 1 \text{ верстат;}$$

$$m_{p020} = \frac{850 \cdot 5,68}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,03.\ P_{020} = 1 \text{ верстат;}$$

$$m_{p025} = \frac{850 \cdot 14,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,07.\ P_{025} = 1 \text{ верстат;}$$

$$m_{p030} = \frac{850 \cdot 23,13}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,1.\ P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_P}{P}, \qquad (2.2)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,13}{1} = 0,13.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,11}{1} = 0,11.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,03}{1} = 0,03.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,07}{1} = 0,07;$$

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

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

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

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,13} = 5,8.\ O_{005} = 6 \text{ операції;}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,11} = 6,82.\ O_{010} = 7 \text{ операцій;}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,02} = 37,5.\ O_{015} = 38 \text{ операцій;}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,03} = 25.\ O_{020} = 25 \text{ операцій;}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,07} = 10,7.\ O_{025} = 11 \text{ операцій;}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,1} = 7,5.\ O_{030} = 8 \text{ операцій.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$К_{з.о.} = \frac{6+7+38+25+11+8}{1+1+1+1+1+1} = \frac{95}{6} = 15,8.$$

Для $К_{з.о.}$ = 15,8 тип виробництва – середньосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

$$t_в = \frac{60 \cdot F_д}{N}, \qquad (2.4)$$

$$t_в = \frac{60 \cdot 3979}{850} = 281 \text{ хв.}$$

Величина однієї партії деталей [1]:

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

де F=257 днів

$$n = \frac{850 \cdot 12}{257} = 40 \text{ шт.}$$

Кількість робочих змін [1]:

$$C = \frac{T_{шкс} \cdot n}{476 \cdot 0,8}, \quad (2.6)$$

де

$$T_{шкс} = \frac{\sum_{i=1}^{т} T_{шкі}}{\sum_{i=1}^{т} O_i}, \quad (2.7)$$

$$T_{шкс} = \frac{28,8 + 25,4 + 5,25 + 5,68 + 14,8 + 15,1}{6} = 15,84 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{шкс} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{15,84 \cdot 40}{476 \cdot 0,8} = 1,66 \text{ зміни.}$$

Приймаємо Спр = 2 змінb.

Величина партії деталей [1]:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шкс}}, \quad (2.8)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{15,84} = 48 \text{ шт.}$$

## 2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 сталь 40ХН2МА має високі границі текучості та міцності добре піддається різанню та пластичному деформуванню. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки прокат та різні методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі, вільне кування на молотах у підкладних кільцях.

Порівняння двох методів виготовлення заготовок здійснюємо за коефіцієнтом використання матеріалу. Розглянуто такі способи виготовлення заготовки:

1) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі;

2) поковка, виготовлена вільним куванням на молотах з підкладними кільцями.

Клас точності штамповки на кривошипному гарячоштампувальному пресі – Т4; група сталі – М2.

Ступінь складності заготовки дорівнює відношенню маси штамповки $m_ш$ до маси $m_ф$ геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$C=\frac{m_ш}{m_ф}, \qquad (2.9)$$

Приблизна маса штамповки:

$$m_ш = m_д \cdot к_р, \qquad (2.10)$$

де $к_р$ – коефіцієнт для приблизного визначення маси штамповки, $к_р$ = 1,5 [7]; $m_д$ = 3,24 кг – маса деталі.

Отже, $m_ш = m_д \cdot к_р = 3{,}24 \cdot 1{,}5 = 4{,}86$ кг.

Маса $m_ф$ геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$m_ф = V_з \cdot \rho, \qquad (2.11)$$

де ρ – густина матеріалу, ρ = 7,85 г/см$^3$.

Об’єм геометричної фігури

$$V_ф = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \qquad (2.12)$$

$$V_ф = \frac{\pi \times d^2}{4} \times H = \frac{3{,}14 \times 193^2 \times 50}{4} = 1462023{,}25 \text{ мм}^3 = 1462{,}02 \text{ см}^3$$

$$m_ф = 1462{,}02 \cdot 1{,}05 \cdot 7{,}85 = 12050{,}7 \text{ г} = 12{,}05 \text{ кг}.$$

Тоді група складності штамповки: $C=\frac{4{,}86}{12{,}05}=0{,}4$.

Заготовка штамповка відноситься до ступеня складності С3.

Вихідний індекс заготовки для Т4, М2, С3 та $m_д$ = 3,24 кг – 14.

Поковка другого методу отримання заготовки відноситься до четвертої групи.

Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| 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) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі | | | | |
| Торцева поверхня 50h14($_{-0,62}$) | Ra 6,3 | 2,8 | 2,3 × 2 = 4,6 | $54,6^{+1,8}_{-1,0}$ |
| Торцева поверхня 25h14($_{-0,52}$) | Ra 3,2 | 2,8 | 2,0 | $27^{+1,6}_{-0,9}$ на кресленні $29,3^{+1,6}_{-0,9}$ |
| Зовнішня циліндрична поверхня ∅193 | Ra 6,3 | 3,6 | 3,0 × 2 = 6,0 | $\varnothing 199^{+2,4}_{-1,2}$ |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 110k6\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$ | Ra 1,6 | 3,6 | 2,7 × 2 = 5,4 | $\varnothing 115,4^{+2,4}_{-1,2}$ |
| Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90K7\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$ | Ra 1,6 | 3,2 | 2,5 × 2 = 5,0 | $\varnothing 85^{+2,1}_{-1,1}$ |
| Внутрішня циліндрична канавка ∅150Н14; ∅106Н14 | Ra 6,3 | 3,2 | 2,3 × 2 = 4,6 | $\varnothing 145,4^{+2,1}_{-1,1}$ $\varnothing 110,6^{+2,1}_{-1,1}$ |
| Внутрішня торцева поверхня 15±0,2 | Ra 6,3 | 2,5 | 1,8 | $13,2^{+1,6}_{-0,9}$ на кресленні $15,5^{+1,6}_{-0,9}$ |
| 2) поковка, виготовлена вільним куванням на молотах з підкладними кільцями | | | | |
| Торцева поверхня 50h14($_{-0,62}$) | Ra 6,3 | 4,0 | 3,5 × 2 = 7,0 | 57±2,0 |
| Торцева поверхня 25h14($_{-0,52}$) | Ra 3,2 | 4,0 | 3,5 | 28,5±2,0 на кресленні 32±2,0 |

Закінчення таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Зовнішня циліндрична поверхня ∅193 | Ra 6,3 | 6,0 | 7,0 × 2 = 14,0 | ∅204±3,0 |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 110k6\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$ | Ra 1,6 | 4,0 | 7,5 × 2 = 15,0 | ∅125±2,0 |
| Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90K7\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$ | Ra 1,6 | 4,0 | 7,5 × 2 = 15,0 | ∅75±2,0 |
| Внутрішня циліндрична канавка ∅150H14; ∅106H14 | Ra 6,3 | 3,2 | 2,3 × 2 = 4,6 | $\varnothing 147,7^{+2,1}_{-1,1}$ $\varnothing 108,3^{+2,1}_{-1,1}$ |
| Внутрішня торцева поверхня 15±0,2 | Ra 6,3 | 2,5 | 1,8 | $13,2^{+1,6}_{-0,9}$ на кресленні $15,5^{+1,6}_{-0,9}$ |

На основі креслення деталі виконуємо проектування заготовок при формуванні двома вказаними методами. Креслення двох варіантів виготовлення заготовки представлено на рис. 2.1 (штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі) та на рис. 2.2 (поковка, виготовлена вільним куванням на молотах з підкладними кільцями).

Для визначення маси заготовки проводимо розрахунок маси припусків та додаємо до маси готової деталі:

$$Q = q + m_{пр}; \tag{2.13}$$

$$m_{пр} = V_{пр} \cdot \rho, \tag{2.14}$$

де ρ = 7,85 г/см$^3$.

Розраховуємо об’єми припусків:

$$V_{пр} = \frac{\pi \cdot (D - d)^2 \cdot H}{4}, \tag{2.15}$$

де D, d, H - геометричні параметри припуску за номінальними розмірами, мм.

Для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot (199^2 - 193^2) \cdot 20}{4} = 36930 \text{мм}^3 = 36{,}93 \text{ см}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (199^2 - 170^2) \cdot 5}{4} = 42000 \text{мм}^3 = 42 \text{см}^3.$$

$$V_з = \frac{\pi \cdot (199^2 - 115{,}4^2) \cdot 2}{4} = 41270 \text{мм}^3 = 41{,}27 \text{см}^3.$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot (115{,}4^2 - 110^2) \cdot 10}{4} = 9550 \text{мм}^3 = 9{,}55 \text{см}^3.$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot (115{,}4^2 - 105^2) \cdot 15}{4} = 26990 \text{мм}^3 = 26{,}99 \text{см}^3.$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot (115{,}4^2 - 85^2) \cdot 2{,}3}{4} = 11000 \text{мм}^3 = 11 \text{см}^3.$$

$$V_7 = \frac{\pi \cdot (90^2 - 85^2) \cdot 50}{4} = 34340 \text{мм}^3 = 34{,}34 \text{см}^3.$$

$$V_8 = \frac{\pi \cdot (199^2 - 85^2) \cdot 2{,}3}{4} = 58450 \text{мм}^3 = 85{,}45 \text{см}^3.$$

$$V_9 = \frac{\pi \cdot (145{,}4^2 - 110{,}6^2) \cdot 2{,}3}{4} = 16080 \text{мм}^3 = 16{,}08 \text{см}^3.$$

$$V_{10} = \frac{\pi \cdot (150^2 - 145{,}4^2) \cdot 15{,}5}{4} = 16530 \text{мм}^3 = 16{,}53 \text{см}^3.$$

$$V_{11} = \frac{\pi \cdot (110{,}6^2 - 106^2) \cdot 15{,}5}{4} = 12120 \text{мм}^3 = 12{,}12 \text{см}^3.$$

$$V_{заг1} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 - V_9 + V_{10} + V_{11}, \qquad (2.16)$$

$$V_{заг1} = 36{,}93 + 42 + 41{,}27 + 9{,}55 + 26{,}99 + 11 + 34{,}34 + 58{,}45 -$$

$$-16{,}08 + 16{,}53 + 12{,}12 = 273{,}1 \text{ см}^3.$$

Для поковки, виготовленої вільним куванням на молотах з підкладними кільцями:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot (207^2 - 193^2) \cdot 20}{4} = 87920 \text{мм}^3 = 87{,}92 \text{ см}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (207^2 - 170^2) \cdot 5}{4} = 54750 \text{мм}^3 = 54{,}75 \text{см}^3.$$

$$V_з = \frac{\pi \cdot (207^2 - 125^2) \cdot 3,5}{4} = 74800 мм^3 = 74,8 см^3.$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot (125^2 - 110^2) \cdot 10}{4} = 27670 мм^3 = 27,67 см^3.$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot (125^2 - 105^2) \cdot 15}{4} = 54170 мм^3 = 54,17 см^3.$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot (125^2 - 75^2) \cdot 3,5}{4} = 27480 мм^3 = 27,48 см^3.$$

$$V_7 = \frac{\pi \cdot (90^2 - 75^2) \cdot 50}{4} = 97140 мм^3 = 97,14 см^3.$$

$$V_8 = \frac{\pi \cdot (207^2 - 75^2) \cdot 3,5}{4} = 102270 мм^3 = 102,27 см^3.$$

$$V_9 = \frac{\pi \cdot (150^2 - 106^2) \cdot 15}{4} = 132630 мм^3 = 132,63 см^3.$$

$$V_{заг2} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9, \quad (2.17)$$

$$V_{заг2} = 87,92 + 54,75 + 74,8 + 27,67 + 54,17 + 27,48 + 97,14 +$$
$$+102,27 + 132,63 = 658,83 см^3.$$

Визначаємо масу припуску:

– для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$m_{пр1} = 273,1 \cdot 7,85 = 2143,84 г = 2,14 кг.$$

– для поковки, виготовленої вільним куванням на молотах з підкладними кільцями:

$$m_{пр2} = 658,83 \cdot 7,85 = 5171,82 г = 5,17 кг.$$

Визначаємо масу заготовок:

– для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$Q_1 = 3,24+2,14=5,38 кг.$$

– для поковки, виготовленої вільним куванням на молотах з підкладними кільцями:

$$Q_2 = 3,24+5,17=8,41 кг.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$К_в = \frac{q}{Q}, \qquad (2.13)$$

– для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$К_{в1} = \frac{3,24}{5,38} = 0,6;$$

– для поковки, виготовленої вільним куванням на молотах з підкладними кільцями:

$$К_{в2} = \frac{3,24}{8,41} = 0,4.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі є вищим ніж для поковки, виготовленої вільним куванням на молотах з підкладними кільцями, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 вибираємо перший спосіб.

### 2.3. Вибір технологічних баз

Для механічного оброблення поверхонь деталі деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 використовуються чорнові та чистові бази. Зокрема, на першій операції для забезпечення точності оброблення зубів, зовнішньої циліндричної поверхні за 6 квалітетом точності, торцевого та радіального биття відносно центральної осі в межах допуску доцільно проводити оброблення центрального отвору 8, торцевої поверхні 2 та зовнішнього діаметра зубів, що будуть основними базами на наступних операціях.

На першій операції як базові поверхні використовується зовнішня циліндрична поверхня 22 та торець 24.

На другій та третій операціях як базові поверхні використовується оброблена торцева поверхня 2 і зовнішня циліндрична поверхня 1.

На четвертій та п’ятій операціях як базові поверхні використовується

оброблена торцева поверхня 2 і внутрішня циліндрична поверхня 8.

На шостій операції як базові поверхні використовується оброблена торцева поверхня 24 і внутрішня циліндрична поверхня 8.

## 2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

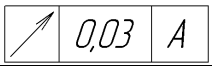
Для проектування операційної технології оброблення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 розроблено два варіанти оброблення поверхонь деталі. На основі вказаних альтернатив сформовано остаточний маршрут, що забезпечує формування заданих параметрів поверхонь із мінімальними переходами та використання токарних та свердлильних верстатів з ЧПК.

Варіанти оброблення поверхонь деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрути оброблення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| № 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 ∅193 | 14 | Ra 6,3 | Точіння чорнове<br>Точіння напівчистове | – |
| 2, 24 | Торцева поверхня $50h14(_{-0,62})$ | 14 | Ra 6,3 | Точіння поперечне чорнове<br>Точіння поперечне напівчистове | – |
| 3, 6, 7, 25 | Фаска внутрішня 1×45° | 14 | Ra 6,3 | Розточування | – |
| 5 | Внутрішня циліндрична канавка ∅150H14; ∅106H14 | 14 | Ra 6,3 | Розточування чорнове<br>Розточування напівчистове | – |
| 4 | Внутрішня торцева поверхня 15±0,2 | 14 | Ra 6,3 | Точіння методом врізання<br>Точіння напів-чистове методом врізання | – |
| 8 | Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90K7\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$, базова поверхня А | 7 | Ra 1,6 | Розточування чорнове<br>Розточування напівчистове<br>Шліфування кругле напівчистове<br>Шліфування кругле чистове | Розточування чорнове<br>Розточування напівчистове<br>Розточування чистове<br>Розточування тонке |

Закінчення таблиці 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 9, 26 | Дві внутрішні канавки ∅93,5H14($^{+0,46}$); b=1,9$^{+0,2}$ | 14 | Ra 6,3 | Розточування однократне | |
| 10, 11, 23 | Фаска зовнішня 1×45° | 14 | Ra 6,3 | Точіння | – |
| 12 | Зовнішня торцева поверхня 20h14($_{-0,52}$) | 14 | Ra 6,3 | Точіння чорнове поперечне Точіння напівчистове поперечне | – |
| 13 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅170h14($_{-1,0}$) | 14 | Ra 6,3 | Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове | – |
| 14 | Торцева поверхня 25h14($_{-0,52}$) | 14 | Ra 3,2 | Точіння чорнове поперечне Точіння напівчистове поперечне Шліфування однократне | Точіння чорнове поперечне Точіння напів-чистове поперечне Точіння чистове |
| 15-20 | Шість отворів ∅11,5H14($^{+0,43}$) | 14 | Ra 6,3 | Центрування Свердління | Свердління у кондукторі |
| 21 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅110k6$\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$; 10±0,2 | 6 | Ra 1,6 | Точіння чорнове Точіння напівчистове Шліфування напівчистове Шліфування чистове | Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Точіння тонке (алмазне) |
| 22 | Зовнішня циліндрична поверхня ∅105h14($_{-0,87}$) | 14 | Ra 6,3 | Точіння чорнове Точіння напівчистове | – |
| 27 | Зубчаста поверхня ∅193; ∅177; Ra 3,2; z=59   | Восьмий ступінь точності | Ra 3,2 | Фрезерування черв'ячною фрезою | Фрезерування модульною дисковою фрезою |

Із альтернатив табл. 2.4 оброблення деталі сформовано операційну технологію, що відповідає середньосерійному типу виробництва. Токарне оброблення поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів. Свердління шести отворів виконується на свердлильному верстаті з ЧПК замість координатно-розточного верстата. Для фінішного оброблення поверхонь, що передбачають допуск на радіальне та торцеве биття базування виконується відносно бази А, застосовуючи беззазорні оправки із базуванням по центральному отвору.

005 Токарна з ЧПК.

1. Підрізати попередньо торець 2, витримуючи розміри $53{,}3_{-1{,}2}$.

2. Підрізати остаточно торець 2, витримуючи розміри $52{,}3_{-0{,}62}$.

3. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір $\varnothing 195_{-1{,}85}$.

4. Точити остаточно зовнішню фаску 10, зовнішню циліндричну поверхню 1 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1\times45^{\circ}$; $\varnothing 193_{-1{,}15}$.

5. Розточити попередньо внутрішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 88{,}4^{+0{,}87}$.

6. Розточити остаточно внутрішню фаску 7, внутрішню циліндричну поверхню 8 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1{,}3\times45^{\circ}$; $\varnothing 89{,}4^{+0{,}22}$.

7. Розточити остаточно внутрішню канавку 9, витримуючи розміри $\varnothing 93{,}5^{+0{,}46}$; $1{,}9^{+0{,}2}$; $20^{+0{,}1}$.

8. Розточити внутрішню циліндричну канавку 5 з підрізанням торця 4 за два проходи за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 150^{+1{,}0}$; $\varnothing 106^{+1{,}0}$; $15\pm0{,}2$.

9. Розточити дві внутрішні фаски 3, 6 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1\times45^{\circ}$.

Перевірити розміри: $52{,}3_{-0{,}62}$; $\varnothing 195_{-1{,}85}$; $1{,}3\times45^{\circ}$; $\varnothing 89{,}4^{+0{,}22}$; $\varnothing 93{,}5^{+0{,}46}$; $1{,}9^{+0{,}2}$; $20^{+0{,}1}$; $\varnothing 150^{+1{,}0}$; $\varnothing 106^{+1{,}0}$; $15\pm0{,}2$.

Контроль 30 %.

010 Токарна з ЧПК

1. Підрізати попередньо торець 24, витримуючи розмір $51_{-1,2}$.

2. Підрізати остаточно торець 24, витримуючи розмір $50_{-0,62}$.

3. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 21 з чорновим підрізанням торця 14, витримуючи розміри $\varnothing 112{,}8_{-0,87}$; $25{,}5_{-0,84}$.

4. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 22 за два проходи, витримуючи розмір $\varnothing 106{,}8_{-0,87}$.

5. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 13 з чорновим підрізанням торця 12, витримуючи розміри $\varnothing 172_{-1,0}$; $21_{-0,84}$.

6. Точити остаточно зовнішню фаску 23, зовнішню циліндричну поверхню 22 з остаточним підрізанням торця 14, точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 13 з остаточним підрізанням торця 12, точити остаточно зовнішню фаску 11 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1\times45^{\circ}$; $\varnothing 105_{-0,87}$; $25{,}1_{-0,52}$; $\varnothing 170_{-1,0}$; $20_{-0,52}$.

7. Розточити остаточно внутрішню фаску 25, витримуючи розмір $1{,}3\times45^{\circ}$.

8. Розточити остаточно внутрішню канавку 26, витримуючи розміри $\varnothing 93{,}5^{+0,46}$; $1{,}9^{+0,2}$; 20.

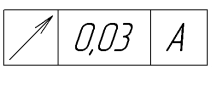
015 Внутрішньошліфувальна

1. Шліфувати попередньо внутрішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 89{,}8^{+0,054}$.

2. Шліфувати остаточно внутрішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 90^{+0,01}_{-0,025}$.

020 Круглошліфувальна

1. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 21 з шліфуванням торця 14, витримуючи розмір $\varnothing 110{,}2_{-0,054}$.

2. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 21, витримуючи розмір $\varnothing 110\text{k}6\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$ 

.

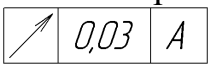
025 Свердлильна з ЧПК

1. Центрувати шість отворів 15-20 послідовно за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 4^{+0,12}$; $8{,}9^{+0,15}$; $60^{\circ}\pm30'$; $\varnothing 130\pm0{,}1$.

2. Свердлити шість отворів 15-20 послідовно за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 11{,}5^{+0{,}43}$; $60^{o}\pm 30'$; $\varnothing 130\pm 0{,}1$.

030 Зубофрезерна

1. Фрезерувати зуби 27, витримуючи розміри ∅180,9; ∅177; z=59; m=3




## 2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків на механічне оброблення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 а також проміжних розмірів для виконання чорнових та чистових переходів розробленого технологічного процесу проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи із врахуванням необхідних технічних вимог. Результати розрахунків представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски оброблення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| 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 |
| Торцева поверхня $50h14(_{-0,62})$ | | | | | |
| Точіння напів-чистове поперечне | 14 | Ra 6,3 | 0,62 | 1,0 × 2 = 2,0 | $50_{-0,62}$ |
| Точіння чорнове поперечне | 15 | Ra 25 | 1,2 | 1,3 × 2 = 2,6 | $52_{-1,2}$ |
| Заготовка | 17 | Rz 160 | 2,8 | 2,3 × 2 = 4,6 | $54,6^{+1,8}_{-1,0}$ |
| Торцева поверхня $25h14(_{-0,52})$ | | | | | |
| Шліфування однократне периферією круга | 14 | Ra 3,2 | 0,52 | 0,1 | $25_{-0,52}$ |
| Точіння поперечною подачею напівчистове | 14 | Ra 6,3 | 0,52 | 0,4 | $25,1_{-0,52}$ |
| Точіння поперечною подачею чорнове | 15 | Ra 12,5 | 0,84 | 1,5 | $25,5_{-0,84}$ |

Продовження таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Заготовка | 17 | Rz 160 | 2,8 | 2,0 | $27^{+1,6}_{-0,9}$ |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 110k6\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$ | | | | | |
| Шліфування чистове | 6 | Ra 1,6 | 0,022 | $0,1 \times 2 = 0,2$ | $\varnothing 110^{+0,025}_{-0,003}$ |
| Шліфування напівчистове | 8 | Ra 2,5 | 0,054 | $0,3 \times 2 = 0,6$ | $\varnothing 110,2_{-0,054}$ |
| Точіння поздовжнє напівчистове | 11 | Ra 5 | 0,22 | $0,6 \times 2 = 2,0$ | $\varnothing 110,8_{-0,22}$ |
| Точіння поздовжнє чорнове | 14 | Ra 25 | 0,87 | $1,7 \times 2 = 3,4$ | $\varnothing 112,8_{-0,87}$ |
| Заготовка | 17 | Rz 160 | 3,6 | $2,7 \times 2 = 5,4$ | $\varnothing 115,4^{+2,4}_{-1,2}$ |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 193_{-1,15}$ | | | | | |
| Точіння поздовжнє напівчистове | 14 | Ra 6,3 | 1,15 | $1,0 \times 2 = 2,0$ | $\varnothing 193_{-1,15}$ |
| Точіння поздовжнє чорнове | 15 | Ra 25 | 1,85 | $2,0 \times 2 = 4,0$ | $\varnothing 195_{-1,85}$ |
| Заготовка | 17 | Rz 160 | 3,6 | $3,0 \times 2 = 6,0$ | $\varnothing 199^{+2,4}_{-1,2}$ |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 105_{-0,87}$ | | | | | |
| Точіння поздовжнє напівчистове | 14 | Ra 6,3 | 0,87 | $0,9 \times 2 = 1,8$ | $\varnothing 105_{-0,87}$ |
| Точіння поздовжнє чорнове за два проходи | 14 | Ra 25 | 0,87 | $1,5 \times 2 = 3,0$<br>$1,5 \times 2 = 3,0$ | $\varnothing 106,8_{-0,87}$<br>$\varnothing 109,8_{-0,87}$ |
| Заготовка (попередньо оброблена поверхня) | 14 | Ra 25 | 0,87 | $3,9 \times 2 = 7,8$ | $\varnothing 112,8_{-0,87}$ |
| Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 170_{-1,0}$ | | | | | |
| Точіння поздовжнє напівчистове | 14 | Ra 6,3 | 0,87 | $1,0 \times 2 = 2,0$ | $\varnothing 170_{-1,0}$ |

Закінчення таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Точіння поздовжнє чорнове | 15 | Ra 25 | 1,6 | – | $\varnothing 172_{-1,0}$ |
| Заготовка (суцільний матеріал) | 14 | Ra 25 | 0,87 | – | – |
| Зовнішня торцева поверхня 20h14($_{-0,52}$) | | | | | |
| Точіння напів-чистове при поперечній подачі | 14 | Ra 6,3 | 0,62 | 1,0 | $20_{-0,52}$ |
| Точіння чорнове при поперечній подачі за два проходи | 15 | Ra 12,5 | 0,84 | 2,0<br>2,5 | $21_{-0,84}$<br>$23_{-0,84}$ |
| Заготовка (попередньо оброблена поверхня) | 15 | Ra 25 | 0,84 | 5,5 | $25{,}5_{-0,84}$ |
| Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90K7\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$ | | | | | |
| Шліфування чистове | 7 | Ra 1,6 | 0,035 | $0{,}1 \times 2 = 0{,}2$ | $\varnothing 90^{+0,01}_{-0,025}$ |
| Шліфування напівчистове | 8 | Ra 2,5 | 0,054 | $0{,}2 \times 2 = 0{,}4$ | $\varnothing 89{,}8^{+0,054}$ |
| Точіння поздовжнє напівчистове | 11 | Ra 5 | 0,22 | $0{,}5 \times 2 = 1{,}0$ | $\varnothing 89{,}4^{+0,22}$ |
| Точіння поздовжнє чорнове | 14 | Ra 25 | 0,87 | $1{,}7 \times 2 = 3{,}4$ | $\varnothing 88{,}4^{+0,87}$ |
| Заготовка | 17 | Rz 160 | 3,2 | $2{,}5 \times 2 = 5{,}0$ | $\varnothing 85^{+2,1}_{-1,1}$ |

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

Розрахунок режимів різання оброблення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 проведено для переходу 010 токарної з ЧПК операції.

010 Токарна з ЧПК.

Перехід 5.

Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 22 за два проходи, витримуючи розмір $\varnothing 106{,}8_{-0{,}87}$ послідовно за програмою

Інструмент - різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, Т5К10, 25×25, φ=93°.

1. Глибина різання:

t = 1,5 мм.

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{р.х.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебіг.}, \qquad (2.14)$$

де $l_{різ.22}$ = 15 мм;

$l_{підв.}$ = 2 мм [14].

$l_{вріз.}$ = 2 мм [14].

Підставляємо дані у формулу (2.14) :

$$L_{р.х.} = 15 + 2{,}0 + 2{,}0 = 19{,}0 \text{ мм}.$$

3. Подача різця [14]:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sn} \cdot K_{s\varphi} \cdot K_{sj} \cdot K_{sy} \cdot K_{sM}, \qquad (2.15)$$

де $S_{oT}$ = 0,8 мм/об [14];

$K_{si}$ = 1,15 – коефіцієнт інструментального матеріалу – Т5К10;

$K_{sp}$ = 1,05 – коефіцієнт кріплення пластини клин-прихватом;

$K_{sd}$ = 1,0 – коефіцієнт січення державки різця– 25×25;

$K_{sh}$ = 1,0 –коефіцієнт міцності ріжучої частини;

$K_{sn}$ = 0,85 –коефіцієнт стану поверхні заготовки;

$K_{s\varphi}$ = 0,95 – коефіцієнт ромбічної пластини різця, φ=93°;

$K_{sj}$ = 0,75 – коефіцієнт жорсткості верстата;

$K_{sy}$ = 1,0 – коефіцієнт способу закріплення деталі – у патроні;

$K_{sм}$ = 1,0 – коефіцієнт матеріалу заготовки.

Підставляємо дані у формулу (2.15) :

$$S_o = 0{,}8 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 0{,}58 \text{ мм/об}.$$

4. Період стійкості різця:

$T_M$ = 60 хв.

5. Швидкість різання [14]:

$$V_o = S_{oT} \cdot K_{vi} \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vM} \cdot K_{v\varphi} \cdot K_{vT} \cdot K_{vy}, \qquad (2.16)$$

де $V_{от}$ = 185 м/хв – базова швидкість різання ;

$K_{Vi}$ = 0,85 – матеріалу пластини інструмента – Т5К10;

$K_{Vc}$ = 1,0 –коефіцієнт матеріалу заготовки – сталі легованої;

$K_{Vo}$ = 1,0 –коефіцієнт виду обробки – для поздовжнього точіння;

$K_{Vj}$ = 0,75 –коефіцієнт жорсткості верстата;

$K_{Vм}$ = 1,0 –коефіцієнт механічних властивостей матеріалу заготовки;

$K_{V\varphi}$ = 0,95 – коефіцієнт параметрів ріжучої частини різця – ромбічна пластина, $\varphi=93^o$;

$K_{VT}$ = 0,7 –коефіцієнт стійкості різця – 60 хв;

$K_{Vy}$ = 1,0 – коефіцієнт різання з охолодженням.

Підставляємо дані у формулу (2.16):

$V_o$ = 185 · 0,85 · 1,0 · 1,0 · 0,75 · 1,0 · 0,95 · 0,7 · 1,0 = 78,4 м/хв.

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \qquad (2.17)$$

де V = 78,4 м/хв;

d = 106,8 мм – діаметр обробки поверхні 9;

$$n = \frac{1000 \cdot 78,4}{\pi \cdot 106,8} = 234\,\text{хв}^{-1}.$$

7. Приймаємо $n_д = 250\,\text{хв}^{-1}$.

8. Коректуємо швидкість різання:

$$V_д = \frac{\pi \cdot D \cdot n_д}{1000}; \qquad (2.18)$$

$$V_д = \frac{\pi \cdot 106,8 \cdot 250}{1000} = 84 \text{ м/хв.}$$

9. Порівнюємо одержану потужність різання із потужністю приводу токарного верстата з ЧПК із умови виконання нерівності:

$$N_{різ} \le N_{шп}, \qquad (2.19)$$

де $N_{ШП}$ – потужність верстата;

10. Потужність верстата:

$$N_{шп} = N_д \cdot \eta, \qquad (2.20)$$

де $N_д$ =10 кВт для токарного верстата з ЧПК;

$\eta$ = 0,8.

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

11. Потужність різання [14]:

$$N_{різ} = N_т \cdot K_N, \qquad (2.21)$$

де $N_т$ – базова потужності різання, $N_т$ = 8,2 кВт;

$K_N$ – поправочний коефіцієнт оброблюваного матеріалу, $K_N$ = 0,8.

$$N_{різ} = 8,2 \cdot 0,8 = 6,56 \text{ кВт}.$$

Перевіряємо умову (2.19):

$$N_{різ} = 8 \text{ кВт} < N_{шп} = 6,56 \text{ кВт}.$$

Потужність верстата достатня для виконання операції токарної обробки деталі. Відповідно, режими різання назначені правильно, обробка можлива.

12. Основний час виконання переходу токарної обробки [14]:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} \cdot i, \qquad (2.22)$$

$$T_o = \frac{19 \cdot 2}{0,58 \cdot 250} = 0,26 \text{ хв.}$$

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 і зведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| Номер, назва операції, зміст переходу | t, мм | L, мм | i | $T_m$, хв | S, мм/об | n, об/хв | V, м/хв | $S_m$, мм/хв | $T_o$, хв | N, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 005 Токарна з ЧПК | | | | | | | | | | |
| Перехід 2 | | | | | | | | | | |
| Підрізати попередньо торець 2, витримуючи розміри $53,3_{-1,2}$ | 1,3 | 66 | 1 | 60 | 0,58 | 250 | 156 | 145 | 0,46 | 4,1 |
| Перехід 3 | | | | | | | | | | |
| Підрізати остаточно торець 2, витримуючи розміри $52,3_{-0,62}$ | 1,0 | 66 | 1 | 60 | 0,5 | 250 | 156 | 125 | 0,53 | 2,1 |
| Перехід 4 | | | | | | | | | | |
| Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір $\varnothing 195_{-1,85}$ | 2,0 | 33 | 1 | 60 | 0,58 | 250 | 153 | 145 | 0,23 | 5,2 |
| Перехід 5 | | | | | | | | | | |
| Точити остаточно зовнішню фаску 10, зовнішню циліндричну поверхню 1 послідовно по програмі, витримуючи розмір $1\times45^o$; $\varnothing 193_{-1,15}$. | 1,0 | 33 | 1 | 60 | 0,5 | 250 | 151,5 | 125 | 0,26 | 2,1 |

Продовження таблиці 2.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Перехід 6 | | | | | | | | | | |
| Розточити попередньо внутрішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 88{,}4^{+0{,}87}$ | 1,7 | 58,3 | 1 | 60 | 0,5 | 560 | 155 | 280 | 0,21 | 4,6 |
| Перехід 7 | | | | | | | | | | |
| Розточити остаточно внутрішню фаску 7, внутрішню циліндричну поверхню 8 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1{,}3\times45^{o}$; $\varnothing 89{,}4^{+0{,}22}$ | 0,5 | 58,3 | 1 | 60 | 0,48 | 560 | 155 | 268,8 | 0,22 | 1,8 |
| Перехід 8 | | | | | | | | | | |
| Розточити остаточно внутрішню канавку 9, витримуючи розміри $\varnothing 93{,}5^{+0{,}46}$; $1{,}9^{+0{,}2}$; $20^{+0{,}1}$ | 2,05 | 42 | 1 | 60 | 0,3 | 560 | 164 | 168 | 0,25 | 4,9 |
| Перехід 9 | | | | | | | | | | |
| Розточити внутрішню циліндричну канавку 5 з підрізанням торця 4 за два проходи за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 150^{+1{,}0}$; $\varnothing 106^{+1{,}0}$; $15\pm0{,}2$ | 12 | 19 | 2 | 60 | 0,3 | 353 | 164 | 105,9 | 0,36 | 5,1 |
| Перехід 10 | | | | | | | | | | |
| Розточити дві внутрішні фаски 3, 6 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1\times45^{o}$ | 1 | 5 | 2 | 60 | 0,5 | 353 | 166 | 176,5 | 0,06 | 2,1 |
| 010 Токарна з ЧПК | | | | | | | | | | |
| Перехід 2 | | | | | | | | | | |
| Підрізати попередньо торець 24, витримуючи розмір $51_{-1{,}2}$ | 1,3 | 20 | 1 | 60 | 0,58 | 353 | 128 | 204,74 | 0,1 | 4,1 |
| Перехід 3 | | | | | | | | | | |
| Підрізати остаточно торець 24, витримуючи розмір $50_{-0{,}62}$ | 1,0 | 20 | 1 | 60 | 0,5 | 353 | 128 | 176,5 | 0,11 | 2,1 |

Продовження таблиці 2.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Перехід 4 | | | | | | | | | | |
| Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 21 з чорновим підрізанням торця 14, витримуючи розміри $\varnothing 112{,}8_{-0{,}87}$; $25{,}5_{-0{,}84}$ | 1,7 | 71,1 | 1 | 60 | 0,58 | 250 | 88,6 | 145 | 0,49 | 4,6 |
| Перехід 5 | | | | | | | | | | |
| Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 22 за два проходи, витримуючи розмір $\varnothing 106{,}8_{-0{,}87}$ | 1,5 | 19 | 2 | 60 | 0,58 | 250 | 84 | 145 | 0,26 | 6,56 |
| Перехід 6 | | | | | | | | | | |
| Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 13 з чорновим підрізанням торця 12, витримуючи розміри $\varnothing 172_{-1{,}0}$; $21_{-0{,}84}$ | 2,5<br>2,0 | 14,5 | 2 | 60 | 0,58 | 250 | 135 | 145 | 0,2 | 7,0 |
| Перехід 7 | | | | | | | | | | |
| Точити остаточно зовнішню фаску 23, зовнішню циліндричну поверхню 22 з остаточним підрізанням торця 14, точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 13 з остаточним підрізанням торця 12, точити остаточно зовнішню фаску 11 послідовно за програмою, витримуючи розміри $1\times45^{\circ}$; $\varnothing 105_{-0{,}87}$; $25{,}1_{-0{,}52}$; $\varnothing 170_{-1{,}0}$; $20_{-0{,}52}$ | 1,0 | 80 | 1 | 60 | 0,5 | 250 | 133,5 | 125 | 0,64 | 2,1 |

Продовження таблиці 2.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Перехід8 | | | | | | | | | | |
| Розточити остаточно внутрішню фаску 25, витримуючи розмір 1,3×45° | 1,3 | 7,3 | 1 | 60 | 0,48 | 560 | 155 | 268,8 | 0,03 | 2,15 |
| Перехід 9 | | | | | | | | | | |
| Розточити остаточно внутрішню канавку 26, витримуючи розміри $\varnothing 93{,}5^{+0,46}$; $1{,}9^{+0,2}$; $20^{+0,}$ | 2,05 | 42 | 1 | 60 | 0,3 | 560 | 164 | 168 | 0,25 | 4,9 |
| 015 Внутрішньошліфувальна | | | | | | | | | | |
| Перехід 2 | | | | | | | | | | |
| Шліфувати попередньо внутрішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 89{,}8^{+0,054}$ | 0,2 | 100 | – | – | $S_{2x}$ 0,005 мм/дв. х | $n_к$= 12000 $n_з$= 200 | $V_{кол}$= 50 м/хв $V_{sпозд}$ 6050 м/хв | 5600 | 0,71 | 1,4 |
| Перехід 3 | | | | | | | | | | |
| Шліфувати остаточно внутрішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 90^{+0,01}_{-0,025}$. | 0,1 | 100 | – | – | $S_{2x}$ 0,005 мм/дв.х | $n_к$= 12000 $n_з$= 200 | $V_{кол}$= 50 м/хв $V_{sпозд}$ 6050 м/хв | 5600 | 0,36 | – |
| Операція 020 Круглошліфувальна | | | | | | | | | | |
| Перехід 2 | | | | | | | | | | |
| Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 21 з шліфуванням торця 14, витримуючи розмір $\varnothing 110{,}2_{-0,054}$ | 0,3 | 50 | 1 | – | $S_п$= =0,01 мм/об $S_о$ = 4 мм/об | 1000 | $V_{s.позд.}$ 4 м/хв | – | 0,45 | 1,2 |
| Перехід 3 | | | | | | | | | | |
| Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 21, витримуючи розмір $\varnothing 110k6\left(^{+0,025}_{-0,003}\right)$ | 0,1 | 50 | 1 | – | $S_п$= =0,005 мм/об $S_о$ = 4 мм/об | 1000 | $V_{s.позд.}$ 4 м/хв | – | 0,35 | - |

Закінчення таблиці 2.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 025 Свердлильна з ЧПК | | | | | | | | | | |
| Перехід 2 | | | | | | | | | | |
| Центрувати шість отворів 15-20 послідовно за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 4^{+0,12}$; $8,9^{+0,15}$; $60^{o}\pm 30'$; $\varnothing 130\pm 0,1$ | 2,0 | 10,6 | 4 | 15 | 0,11 | 1400 | 17,6 | 154 | 0,28 | 1,8 |
| Перехід 3 | | | | | | | | | | |
| Свердлити шість отворів 15-20 послідовно за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 11,5^{+0,43}$; $60^{o}\pm 30'$; $\varnothing 130\pm 0,1$ | 5,75 | 20 | 6 | 30 | 0,2 | 500 | 18,06 | 230 | 0,52 | 1,8 |
| 035 Зубофрезерна | | | | | | | | | | |
| Перехід 2 | | | | | | | | | | |
| Фрезерувати зуби 27, витримуючи розміри $\varnothing 180,9$; $\varnothing 177$; z=59; m=3 | 6,75 | 49 | 1 | 400 | 1,0 | 150 | 60 | 150 | 19,27 | 2,43 |

Розрахунок технічних норм часу для 005 токарної з ЧПК операції проведено аналітичним методом, а для решти двох операцій на основі табличних даних і базового технологічного процесу.

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

$$T_{ш} = (T_{ц} + T_{до}) \cdot \left(1 + \frac{к}{100}\right), \qquad (2.23)$$

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

$$T_{ц} = T_{о} + T_{д}, \qquad (2.24)$$

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

$$T_{о} = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_{i} \cdot i}{S_{i}}, \qquad (2.25)$$

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

$S_i$ – подача інструменту, мм/хв;

$T_д$ – час на виконання допоміжних автоматичних дій;

$$T_д = T_{дi} + T_{дх}, \quad (2.26)$$

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

$$T_{дi} = (T_п + T_ф) \cdot k, \quad (2.27)$$

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;

$$T_{дх} = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_{xi}}{S_п}, \quad (2.28)$$

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

$S_п$ – подача холостого ходу; для токарного верстата з ЧПК $S_п$=5000 мм/хв.

005 Токарна з ЧПК.

Визначаємо основний час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі:

$$T_o = 0,46 + 0,53 + 0,23 + 0,26 + 0,21 + 0,22 + 0,25 + 0,36 + 0,06 = 2,58 \text{ хв.}$$

Визначаємо час виконання переміщень без виконання процесу різання (2.28):

$$T_{дх} = \frac{1268}{5000} = 0,25 \text{ хв.}$$

Час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі (2.27):

$$T_{дi} = (0,016 + 0,016) \cdot 6 = 0,192 \text{ хв.}$$

Час на виконання допоміжних автоматичних дій (2.26):

$$T_д = 0,192 + 0,25 = 0,442 \text{ хв.}$$

Час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі (2.24):

$$T_ц = 2,58 + 0,442 = 3,022 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час ручної роботи:

$$T_{до} = T_{доу} + T_{доп} + T_{дов}, \quad (2.29)$$

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 $T_{доу} = 1,55$ 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:

– $52,3_{-0,62}$; $\varnothing 89,4^{+0,22}$; $\varnothing 150^{+1,0}$; $\varnothing 106^{+1,0}$; $15 \pm 0,2$; $\varnothing 93,5^{+0,46}$; $20^{+0,1}$ – штангенциркулем– $t_{1в} = 0,14 \cdot 7 = 0,98$ хв.;

– $1,3 \times 45^{o}$ – кутоміром універсальним– $t_{2в} = 0,13$ хв.;

– $\varnothing 195_{-1,85}$; – штангенциркулем– $t_{3в} = 0,21$ хв.;

- $1,9^{+0,2}$ – шаблоном спеціальним В=1,9 – $t_{4в} = 0,12$ хв.;

$$T_{дов} = \sum t_{iв} = 0,98 + 0,13 + 0,21 + 0,12 = 1,44 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{довд} = T_{дов} \cdot 0,3 = 1,44 \cdot 0,3 = 0,432 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{до} = 1,55 + 0,5 + 0,432 = 2,482 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{оп.} = T_{ц} + T_{доп}, \quad (2.30)$$

$$T_{оп.} = 3,022 + 2,482 = 5,504 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.23):

$$T_{шт} = 5,504 \cdot (1 + \frac{9}{100}) = 6 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.31)$$

де n = 48 шт, $T_{пз} = 34$ хв.

$$T_{шт.к.} = 6 + \frac{34}{48} = 6,71 \text{ хв.}$$

010 Токарна з ЧПК

1. Основний час: $T_о$ = 0,1+0,11+0,49+0,26+0,2+0,64+0,03+0,25 = 2,08 хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к} = \Psi_к \cdot T_о. \quad (2.32)$$

$$T_{шт.к005} = 2,08 \cdot 0,95 = 1,98 \text{ хв.}$$

015 Внутрішньошліфувальна.

1. Основний час: $T_{о015}$ = 0,71 + 0,36 = 1,07 хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к015} = 2,1 \cdot 1,07 = 2,25 \text{ хв.}$$

020 Круглошліфувальна

1. Основний час: $T_{о020}$ = 0,45+0,35 = 0,8 хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к020} = 2,1 \cdot 0,8 = 1,68 \text{ хв.}$$

025 Свердлильна операція з ЧПК

1. Основний час: $T_{о025}$ = 0,28 + 0,52 = 0,8 хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к025} = 2,1 \cdot 0,8 = 1,68 \text{ хв.}$$

030 Зубофрезерна операція

1. Основний час: $T_{о030}$ = 19,27 хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к030} = 1,2 \cdot 19,27 = 23,13 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068

| Номер та назва операції | $T_о$, хв | Допоміжний час, $T_д$ хв | | | $T_{оп}$, хв | Час обслуговування, $T_{об}$, хв | | | $T_{шт}$, хв. | $T_{п.з.}$, хв. | n | $T_{шт.к}$, хв |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_у$. | $T_{пер}$ | $T_{вим}$ | | $T_{тех.об.}$ | $T_{орг.об.}$ | $T_{відп.}$ | | | | |
| 005 Токарна з ЧПК | 2,58 | 1,55 | 0,5 | 0,432 | 5,504 | 0,5 | | | 6 | 34 | 48 | 6,71 |
| 010 Токарна з ЧПК | 2,08 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | | 1,98 |
| 030 Внутрішньо-шліфувальна | 1,07 | | | | | | | | | | | 2,25 |
| 025 Кругло-шліфувальна | 0,8 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | | 1,68 |
| 030 Свердлильна з ЧПК | 0,8 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | | 1,68 |
| 035 Зубо-фрезерна | 19,27 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | | 23,13 |

# 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

## 3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для обробки отворів деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 на 025 свердлильній з ЧПК операції проведено проектування спеціального пристрою, який за допомогою пазів та болтів встановлюється столі свердлильного верстата з ЧПК. Пристрій виконано без застосування кондукторних втулок, оскільки місця розташування отворів визначається системою позиціювання верстата з ЧПК, при цьому перед свердлінням отворів відбувається їх центрування, що зменшує ймовірність відхилення свердла.

Пристрій призначений для базування та закріплення деталі при обробленні шести отворів 15-20 послідовно за програмою, витримуючи розміри $\varnothing 11{,}5^{+0{,}43}$; $60^{o}\pm 30'$; $\varnothing 130\pm 0{,}1$.

Деталь базують на цангу 11 внутрішньою циліндричною поверхнею $\varnothing 90K7\left(^{+0{,}01}_{-0{,}025}\right)$ мм, та торцевою плоскою поверхнею $50h14(_{-0{,}62})$. Затиск заготовки здійснюється передачею зусилля від пневмоциліндра через шток 7, важіль 15, тягу 14, конічну тягу 12 на цангу 11, що є у взаємодії із внутрішньою циліндричною поверхнею.

Креслення пристрою представлено у графічній частині.

Похибку встановлення заготовки деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 у пристрої знаходимо за формулою [15]:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_б^2 + \Delta_з^2 + \Delta_{пр}^2}\ . \qquad (3.1)$$

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

$$\Delta\varepsilon_1 \le \Delta\varepsilon_{1д}\,. \qquad (3.2)$$

Точність взаємного розміщення отворів залежить від точності роботи свердлильного верстата з ЧПК а також від величини деформації інструментів. Допуски на взаємне розміщення отворів дорівнюють 1° та 0,2 мм.

На основі аналізу конструкції пристосування та схеми базування визначено, що похибка базування $\Delta\varepsilon_{б1}$ дорівнює допуску на розмір отвору $\varnothing 90K7\left(^{+0,01}_{-0,025}\right)$ і становить $\Delta\varepsilon_{б1}$=0,035 мм.

Похибка базування деталі у пристрої у вертикальному напрямку дорівнює допуску на торцеву поверхню 50h14($_{-0,62}$) мм : $\Delta\varepsilon_{б2}$=0,62мм.

Похибка закріплення цанговою оправкою по чисто обробленій поверхні отвору $\Delta_з$ = 40 мкм.

Похибка пристосування $\Delta_п$ = 20 мкм.

Розраховуємо похибку встановлення заготовки деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 у пристрої:

$$\Delta\varepsilon_1 = \sqrt{0,035^2 + 0,04^2 + 0,02^2} = 0,0568\text{мм}.$$

Визначаємо допустиму похибку при при свердлінні отворів в розміри $\varnothing 11,5^{+0,43}$; 60°±30′; ∅130±0,1:

$$\Delta\varepsilon_{1\partial} = \delta_{\min}\ , \qquad (3.3)$$

де $\delta_{\min}$ – мінімальний допуск розмірів, δ = 0,2 мм.

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,0568\text{мм} < 0,2\,\text{мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена.

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

Розрахунок силових параметрів затиску заготовки деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068 у спроектованому пристрої проведемо для послідовного

свердління шести отворів, витримуючи розміри $\varnothing 11{,}5^{+0{,}43}$; $60^{o}\pm 30'$; $\varnothing 130\pm 0{,}1$ із виникненням найбільших значень моменту різання свердлом.

На рис. 3.1 представлено схему, що застосовано для розрахунку силових параметрів при затиску заготовки.

Для затиску заготовки використовуються цанга з приводом від пневмоциліндра через важільний механізм. Між цангою та поверхнею отвору виникає сила затиску Q заготовки у місці їх контакту із цангою, що визначається як сила тертя між цангою та заготовкою із коефіцієнтом тертя f=0,25. В процесі свердління отворів виникає момент різання $M_{кр}$, що діє на заготовку.

Силу затиску заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{k}{f}\frac{2M_{кр}}{D}, \qquad (3.4)$$

де k – коефіцієнт запасу;

D – діаметр базового отвору заготовки, D = 90 мм.

Сила для переміщення конусного штока, що контактує із цангою [16]:

$$N = (Q + Q_1)\,tg\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right), \qquad (3.5)$$

де $Q_1$ – сила згину пелюстка цанги на величину початкового зазору між цангою та отвором заготовки;

α – кут при вершині конусного штока; $\alpha = 20^{o}$.

φ – кут тертя між конусним штоком та цангою; $\varphi = 8^{o}$.

Силу згину пелюстка цанги на величину початкового зазору між чотирьоххпелюстковою цангою та отвором заготовки визначаємо за формулою [16]:

$$Q_1 = 200\frac{t \cdot d^3 \cdot S_{max}}{l^3}, \qquad (3.6)$$

де l – довжина пелюстка цанги від основи до середини конуса, l =33 мм;

t – товщина пелюстка цанги, t = 2,5 мм;

d – зовнішній діаметр цанги, d =90 мм;

$S_{max}$ – початковий зазор між чотирьохпелюстковою цангою та отвором заготовки, $S_{max}$ = 0,1 мм.

Момент різання $M_{кр}$, що виникає в процесі свердління отворів визначаємо за формулою [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D_З^{q} \cdot S^{y} \cdot K_р, \qquad (3.7)$$

де $C_M$=0,0345, q=2,0, y=0,8 [14];

S – подача свердла, *S*=0,2 мм/об;

$D_З$=11,5 мм – діаметр свердла;

$K_р$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки.

$$K_р = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n = \left(\frac{1080}{750}\right)^{0,75} = 1,31.$$

Відповідно, момент різання $M_{кр}$, що виникає в процесі свердління отворів:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11,5^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,31 = 16\,Н \cdot м.$$

Силу затиску заготовки визначаємо за формулою (3.4):

$$Q = \frac{2,5}{0,25}\frac{2 \cdot 16}{0,09} = 3555\ Н.$$

Силу згину пелюстка цанги на величину початкового зазору між чотирьоххпелюстковою цангою та отвором заготовки визначаємо за формулою (3.6):

$$Q_1 = 200\frac{2,5\cdot 90^3\cdot 0,1}{33^3} = 1014\,\text{Н}.$$

Сила для переміщення конусного штока, що контактує із цангою (3.5):

$$N = (3555+1014)\text{tg}\left(\frac{20}{2}+8\right) = 1484\ \text{Н}.$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$N \le W, \tag{3.8}$$

де W – сила на штоці пневмоциліндра із змінами важільним передавально-підсилювальним механізмом;

Із розрахункової схеми рис. 3.1, враховуючи важельний механізм, отримано формулу:

$$W = \frac{F_1}{L_2}\frac{L_1}{}\cdot\eta, \tag{3.9}$$

де $L_1$ = 52 мм;

$L_2$ = 30 мм;

$\eta$ = 0,9.

$F_1$ – сила на штоці пневмоциліндра.

Сила на штоці пневмоциліндра [15]:

$$F_1 = 0,785\cdot D_1^2\cdot p\cdot\eta, \tag{3.10}$$

де D=85 мм діаметри циліндра.

Із формули (3.10) отримано:

$$F_1 = 0,785\cdot 0,085^2\cdot 0,4\cdot 10^6\cdot 0,9 = 2041,8\,\text{Н}.$$

Тоді

$$W = \frac{2041,8}{30}\frac{52}{}\cdot 0,9 = 3185\,\text{Н}.$$

Перевіряємо виконання умови (3.8): $N = 1484$ $H < W = 3185$ Н. Оскільки умова (3.8) виконується, відповідно затиск заготовки “Колесо зубчасте” 8.428.068 буде забезпечено.

# 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

## 4.1. Інженерний розрахунок запобіжного клапана, встановленого на апараті, що експлуатується під надлишковим тиском

Запобіжний клапан (ЗК) є видом трубопровідної запірно-регулюючої арматури, основним функціональним призначенням якої є автоматичне скидання надлишкового робочого середовища (газоподібного, парового або рідкого) з технологічних апаратів і трубопроводів для запобігання перевищенню критичного значення тиску, що може спричинити аварійне руйнування обладнання. ЗК активується при досягненні встановленого тиску спрацювання та повертається у закрите положення після нормалізації параметрів процесу до допустимого рівня.

У пружинних ЗК зусилля пружини створює протидію тиску робочого середовища, що діє на запірний орган (золотник). Регулювання тиску спрацювання здійснюється шляхом добору пружин з відповідними жорсткістю і ступенем попереднього натягу.

З метою забезпечення функціональної надійності деякі моделі ЗК оснащуються пристроями ручного підриву (наприклад, важелем або грибком), які дозволяють виконати контрольне продування для перевірки працездатності вузла. Це необхідно через ризик деградації рухомих елементів: прикипання, залипання чи замерзання. Водночас у середовищах з високою агресивністю, токсичністю або за екстремальних температурно-технічних умов така перевірка може становити загрозу і тому не передбачається конструкцією.

У більшості промислових виконань пружина безпосередньо контактує з робочим середовищем під час скидання тиску. Для захисту пружин від корозійного впливу слабоагресивних середовищ застосовуються спеціальні антикорозійні покриття. У разі роботи з високотоксичними або корозійно активними агентами, а також у вибухонебезпечних середовищах, використовуються герметичні вузли ущільнення штока – сильфони, сальникові

ущільнення або еластомерні мембрани, що ізолюють рухомі елементи від середовища. Сильфонне ущільнення також забезпечує повну герметизацію конструкції та унеможливлює вихід середовища в атмосферу, що особливо важливо при роботі з леткими або отруйними сполуками.

Ключові вимоги до ЗК включають:

- гарантовану чутливість і своєчасну реакцію при перевищенні допустимого тиску;
- відповідність пропускної здатності розрахунковим параметрам аварійного скидання;
- надійне закриття при відновленні тиску до робочого рівня із забезпеченням герметичності;
- стабільність експлуатаційних характеристик (тиск відкриття, герметичність, сила зворотного закриття) протягом усього ресурсу клапана та заданої кількості спрацьовувань.

Мета розрахунку запобіжного клапана:

- визначення необхідної пропускної здатності (G, кг/год);
- вибір типорозміру та кількості клапанів;
- розрахунок параметрів спрацьовування (тиск відкриття, тиск закриття);
- підбір технічних характеристик пружинного механізму;
- оцінка навантажень, що виникають при спрацьовуванні (гідравлічних, динамічних, вібраційних).

Початкові вхідні параметри для розрахунку ЗК:

- місце встановлення (апарат, трубопровід, секція);
- максимальна масова витрата середовища, яке підлягає скиданню (G, кг/год);
- вхідний надлишковий тиск перед клапаном (P, МПа);
- допустимий тиск у системі (розрахунковий – P, МПа);
- температура середовища на вході до ЗК (T, °C);
- максимальний допустимий тиск після клапана (P, МПа);

- фізичний стан середовища (газ, пар, рідина);
- хімічний склад середовища.

Згідно стандартів, вибір ЗК для апаратів, розрахованих на умовний тиск, здійснюється з урахуванням крайніх умов експлуатації обладнання.

Розрахунок пропускної здатності здійснюється відповідно до умов:

- Для апаратів (абсорбери, сепаратори, дегазатори тощо): максимальна подача середовища при закритих випусках.
- Для трубопроводів після редукційних клапанів: максимальний потік при повністю відкритому регуляторі і нульовій витраті за ним.
- Для ЗК, розміщених після насосів або компресорів: пропускна здатність дорівнює максимальній продуктивності агрегату за нульової витрати.

## 4.2. Характеристика дільниці механічної обробки деталі з позицій охорони праці

Проєктована виробнича дільниця з механічної обробки деталі організована відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Планувальні рішення приміщення забезпечують дотримання ергономічних, санітарно-гігієнічних, електробезпечних і пожежобезпечних умов праці, а також можливість подальшої модернізації та технічного переоснащення виробництва. Внутрішнє зонування враховує вимоги до логістики потокових процесів, забезпечення прямих маршрутів транспортування заготовок, проміжних та готових виробів.

Технологічне обладнання розташоване з дотриманням нормативних відстаней:

- з боку робочої зони – не менше 1,0 м;
- з боку неробочої зони – не менше 0,6 м.

Підведення електроенергії до обладнання передбачає вільний доступ для обслуговування, а також наявність заземлення, відповідно до вимог ПУЕ. Усі металеві частини технологічного обладнання заземлені, що забезпечує захист

персоналу від ураження електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції.

З урахуванням маси заготовок та вузлів передбачене використання вантажопідіймального обладнання. Робочі місця обладнані пристроями для міжопераційного накопичення продукції, стелажами та ємностями для розміщення інструменту, відходів та комплектуючих.

Показники мікроклімату на дільниці регламентуються ГОСТ 12.1.005-88 і підтримуються за допомогою систем загальнообмінної витяжної вентиляції та централізованого водяного опалення низького тиску:

- температура повітря: +20...+25°С;
- відносна вологість: 40–60%;
- швидкість повітряного потоку: до 0,2 м/с (взимку), до 0,3 м/с (влітку);
- барометричний тиск: 0,9–1,06·$10^5$ Па;
- теплове опромінення: до 70 Вт/м².

Покриття підлоги – щільне, зносостійке, вогнестійке, не допускає проникнення вологи, мастил, агресивних речовин.

Природне освітлення реалізоване у вигляді двобічного бокового освітлення з вікнами шириною 4,5 м і підвіконною висотою 1,5 м. Штучне освітлення виконується за допомогою люмінесцентних ламп низького тиску та газорозрядних ламп високого тиску типу ДРЛ-65 у світильниках ЛСП06. На верстатах встановлено локальне (місцеве) освітлення лампами розжарювання. Застосовувати лише місцеве освітлення – заборонено.

Освітленість:

- робоча (загальна) – 300 лк;
- аварійна – 2 лк;
- евакуаційна – 0,5 лк;
- охоронна – 0,5 лк.

Рівні шуму і вібрацій на робочих місцях відповідають стандартним вимогам. За необхідності застосовуються засоби індивідуального захисту органів слуху та антивібраційні прокладки.

Захист від прямих ударів блискавок реалізований через окремо

встановлені стрижневі блискавковідводи. Елементи блискавкозахисту об’єднані з контуром захисного заземлення технологічного обладнання.

Протипожежна безпека дільниці:

- категорія пожежної небезпеки – Д;
- клас вогнестійкості будівлі – IIIа;
- передбачено систему протипожежного водопостачання з об’єднаним внутрішнім господарсько-пожежним водогоном низького тиску, розрахованим на 2 години пожежогасіння;
- на дільниці встановлено неадресну систему пожежної сигналізації типу ЕПС променевої дії;
- евакуація персоналу забезпечується через два розосереджених виходи, шириною не менше 1,2 м та висотою 2,2 м;
- ширина основних проходів – 1,5 м, проїздів – 2,5 м.

Пожежний інвентар:

- ящик з піском (1 м³) з лопатою;
- протипожежні покривала (1×1 м – 2 шт., 2×2 м – 2 шт.);
- вогнегасники ВВ-5 (3 шт.);
- гаки (3 шт.), ломи (2 шт.), сокири (2 шт.).

Для підвищення візуальної безпеки застосоване сигнальне маркування конструкцій і зон небезпеки.

Загалом, організація праці на дільниці відповідає вимогам технічної безпеки, ергономіки, пожежної та електробезпеки, що дозволяє забезпечити безпечні умови праці для персоналу та ефективну експлуатацію виробничих потужностей.

# ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь “Колесо зубчасте” 8.428.068 застосовується як робочий елемент кінематичної схеми скребкового конвеєра для переміщення зернових матеріалів. Колесо зубчасте призначене для передачі обертового руху та крутних моментів між валами а також виконавчим робочим елементам конвеєра, при транспортуванні зернових матеріалів. Деталь відповідно до креслення виготовляється із сталі 40ХН2МА.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає дрібносерійному типу виробництва. Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва.

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовки використано штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі; токарна обробка поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів з ручним управлінням; свердління шести отворів виконується на свердлильному верстаті з ЧПК замість координатно-розточного верстата з ручним управлінням; фінішне оброблення поверхонь, що передбачають допуск на радіальне та торцеве биття виконується відносно бази А, застосовуючи беззазорні оправки із базуванням по центральному отвору; застосовано інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Вдосконалення технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність та точність виготовлення деталі “Колесо зубчасте” 8.428.068.

# ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ


1. Кухарський О. М., Кущак 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.