

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
осі 28.615

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

(шифр і назва спеціальності)

Бабич В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення осі 28.615” студента групи МПз-41 Бабича В.П. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи – вдосконалити базовий технологічний процес механічного оброблення осі 28.615.

У першій частині, визначено, що за кількісними та якісними показниками деталь “Вісь” 28.615 є технологічною. Проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі. Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Вісь” 28.615 за параметрами обладнання, оснащення та трудовитрат відповідає дрібносерійному типу виробництва, зокрема використовується універсальне технологічне обладнання без засобів автоматизації, для базування та затиску заготовок застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску. Річна програма випуску 150000 шт, що вказана у завданні, відповідає великосерійному типу виробництва, тому у проектному технологічному процесі запроваджено зміни для підвищення продуктивності виготовлення осей.

У другій частині визначено тип виробництва – великосерійний на основі розрахунку коефіцієнта закріплення операцій.

Собівартість виготовлення заготовки із прокату є нижчою ніж виготовленої штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Вісь” 28.615 вибрано спосіб виготовлення заготовки прокат. Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та норми часу. Розроблено технологічний процес механічного оброблення осі 28.615.

У третій частині для фрезерування двох площин одночасно в деталі “Вісь” 28.615 на 010 фрезерній напівавтоматній операції розроблено та виконано складальне креслення спеціального п’ятимісного затискного 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 необхідної кількості первинних засобів пожежогасіння для обладнання виробничої зони обробки деталей.....	
4.2. Техніко-правові зобов'язання працівника у сфері охорони праці.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено технологічне проектування процесу механічного оброблення деталі “Вісь” 28.615 для умов великосерійного типу виробництва. Деталь застосовується як опора для роликів стрічкового конвеєра сипких матеріалів і призначена для встановлення радіального та опорного роликів на корпусі конвеєра, сприймаючи радіальне та осьове навантаження і виготовляється із сталі 35.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Вісь” 28.615 за параметрами обладнання, оснащення та трудовитрат відповідає дрібносерійному типу виробництва, зокрема використовується універсальне технологічне обладнання без засобів автоматизації, для базування та затиску заготовок застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає великосерійному типу виробництва. Тому при розробленні проектного технологічного процесу необхідно внести такі зміни: для виготовлення заготовки використовувати відносно меншої вартості методи, зокрема прокат; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарному багатошпиндельному автоматі замість звичайного токарно-гвинторізного верстата; шліфування зовнішньої циліндричної поверхні доцільно виконувати на безцентровошліфувальному автоматі замість звичайного круглошліфувального верстата; для свердління отвору під різьбу із фаскою доцільно використовувати комбінований осьовий інструмент; доцільне застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів автоматів, а також із механізованим приводом затиску.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Вісь” 28.615 застосовується як опора для роликів стрічкового конвеєра сипких матеріалів і призначена для встановлення радіального та опорного роликів на корпусі конвеєра, сприймаючи радіальне та осьове навантаження.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик вказаної осі є: зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 25k6^{(+0,015}_{+0,002)}$, Ra 1,25 для встановлення кільця підшипника радіального ролика; зовнішня різбова поверхня M16×1,5 -8g – для закріплення осі в корпусі конвеєра; торець $36\pm 0,3$ Ra 2,5 використовується як опора для підшипника; плоскі поверхні 17h14 $(-0,43)$; $7\pm 0,4$; Rz40 використовуються під ключ для загвинчування осі в корпус; внутрішня різбова поверхня M8-7H, Ra 6,3 – для загвинчування додаткової опори на вісь; канавка $5\pm 0,3$; R1,5; R0,5; <45°; $\varnothing 13_{-0,4}$; Rz40 виконана як технологічний елемент для виходу інструментів при формуванні різбової поверхні та для точного і щільного приєднання осі до корпуса.

Інші поверхні (фаски, торці), визначають конфігурацію осі, забезпечують її жорсткість, простоту монтажу та необхідні технічні вимоги.

Деталь “Вісь” 28.615 за даними креслення виготовляється із сталі 35. Необхідність застосування такого матеріалу визначається вимогами витримування зовнішнього навантаження до 100 Н та низькою собівартістю. Сталь 35 має середні показники границі текучості та міцності.

У таблицях 1.1 та 1.2 детальніше наведено інформацію про хімічний склад та характеристики механічних випробувань сталі 35.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 35, %

C	Si	Mn	P	Cr	S	Cu	Ni	As
			не більше					
0,32-0,4	0,17-0,37	0,50-0,8	0,035	0,25	0,04	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сталі 35

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	ρ , г/см ³	КСУ, Дж/см ²	НВ
не менше						
350	530	20	45	7,85	69	229

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

В процесі розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі “Вісь” 28.615, вивчаючи креслення, вивчено технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі. Кожній із поверхонь деталі присвоєно порядковий номер, визначено вимоги до їх точності та шорсткості. Результати опису технічних вимог поверхонь осі відображено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати опису технічних вимог поверхонь деталі “Вісь” 28.615

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1, 10	Торцева поверхня Rz40; 80±1,1	14	Rz40
2	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 28 _{-0,17} ; Rz80	12	Rz80
3	Торець 36±0,3; R1; Ra 2,5	14	Ra 2,5
4	Зовнішня циліндрична поверхня Ø25k6 ^(+0,015 +0,002) Ra 1,25	6	Ra 1,25
5	Лиска 17h14 _(-0,43) ; 7±0,4; Rz40	14	Rz40
6	Канавка 5±0,3; R1,5; R0,5;<45° Ø13 _{-0,4} ; Rz40	14	Rz40
7	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 14,62 _{-0,14} ; Rz40 під різьбу M16×1,5-8g	12	Rz40
8	Різьба, M16×1,5 -8g l=35 мм; Ra3,2	12	Ra3,2

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
9, 11	Фаска зовнішня 1,6×45°; Rz40	14	Rz40
12	Отвір наскрізний Ø6,7 ^{+0,2} ; Ra12,5 під різьбу М8-7Н.	12	Ra12,5
13	Різьба, М8-7Н, l=25 мм; Ra6,3	12	Ra6,3
14	Фаска внутрішня 1×45°; Rz40	14	Rz40

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

При визначенні технологічності деталі “Вісь” 28.615 враховано програму випуску, яка дорівнює 150 000 шт., що відповідає умовам великосерійного типу виробництва. При аналізі розглядається точність, шорсткість поверхонь, способи формоутворення різьбових поверхонь.

Матеріал деталі сталь 35 має середні показники границі текучості та міцності, добре піддається різанню та стружкоутворенню. Тому вісь може витримувати зовнішнє навантаження до 100 Н при цьому вартість такого матеріалу є нижчою за вартість матеріалу сталь 45.

Для осі із матеріалу сталь 35 можливе використання для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

У конструкції осі є достатня кількість поверхонь для базування та закріплення при виконанні усіх технологічних операцій проточування, свердління, формування різьбових поверхонь, шліфування. Жорсткість осі дозволяє прикладати сили затиску оснащенням із механічним приводом. Для забезпечення точності оброблення поверхонь осі на першій операції доцільно проводити проточування зовнішніх циліндричних поверхонь та торців, що будуть основними базами на наступних операціях. Для оброблення зовнішньої

різьби передбачено канавки для виходу інструменту, тому для її формоутворення методами нарізання або накатування можливе використання стандартних інструментів, зокрема накатних роликів.

Також для оброблення інших поверхонь деталі можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, фрез, шліфувальних кругів, свердл, мітчиків а також як обладнання можна використовувати токарні та безцентровошліфувальні автомати.

Отже, за якісними показниками деталь “Вісь” 28.615 є технологічною.

Технологічність деталі “Вісь” 28.615 також перевірено за трьома кількісними показниками: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, відповідно до відомих методик та даних із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 8 + 12 \cdot 5 + 6 \cdot 1}{14} = 12,71;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,71} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Вісь” 28.615 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 10 + 4 \cdot 2 + 3 \cdot 2}{14} = 4,57,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,57} = 0,22.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,22 > 0,16$ деталь “Вісь” 28.615 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{12}{14} = 0,86.$$

При $K_{ye} = 0,86 > 0,6$ деталь “Вісь” 28.615 є технологічною.

Враховуючи одержанні результати та порівняння їх із критеріями, за кількісними показниками деталь “Вісь” 28.615 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Операції та технологічне устаткування базового технологічного процесу виготовлення деталі “Вісь” 28.615 представлено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Операції та технологічного устаткування базового технологічного процесу виготовлення деталі “Вісь” 28.615

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Універсальний самоцентрівний трьохкулачковий патрон D=200 ГОСТ 2675-71
010 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6P80	Універсальний самоцентрівний трьохкулачковий патрон D=200 ГОСТ 2675-71
015 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Кондуктор спеціальний з ручним затиском
020 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Спеціальні підставки з ручним приводом затискних механізмів
025 Різенакатна	Різенакатний напівавтомат мод. A2528	Ніж спеціальний з комплекту верстата
030 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3M175	Патрон повідковий для шліфувальних робіт

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Вісь” 28.615 за параметрами обладнання, оснащення та трудовитрат відповідає дрібносерійному типу виробництва, зокрема використовується універсальне технологічне обладнання без засобів автоматизації, для базування та затиску заготовок застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску. При цьому використовуються стандартні універсальні ріжучі (різці, фрези, шліфувальні круги, свердла, мітчики) та вимірювальні інструменти.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У розділі розглянуто креслення та технічні вимоги до деталі “Вісь” 28.615 як опори для роликів стрічкового конвеєра сипких матеріалів і призначена для встановлення радіального та опорного роликів на корпусі конвеєра, сприймаючи радіальне та осьове навантаження. Вивчено технічні вимоги, допустимі відхилення, шорсткість поверхонь деталі. Розглянуто способи механічного оброблення для досягнення технічних вимог деталі і розроблення проектного технологічного процесу. Запропоновано способи виготовлення заготовки.

За якісними та кількісними показниками деталь “Вісь” 28.615 є технологічною.

Матеріал деталі сталь 35 має середні показники границі текучості та міцності, добре піддається різанню та стружкоутворенню. Тому вісь може витримувати зовнішнє навантаження до 100 Н при цьому вартість такого матеріалу є нижчою за вартість матеріалу сталь 45. Для осі із матеріалу сталь 35 можливе використання для виготовлення заготовки круглий прокат та методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь осі на першій операції доцільно проводити проточування зовнішніх циліндричних поверхонь та

торців, що будуть основними базами на наступних операціях. Також для оброблення інших поверхонь деталі можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, фрез, шліфувальних кругів, свердл, мітчиків а також як обладнання можна використовувати токарні, різьбонакатні та безцентровошліфувальні автомати.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Вісь” 28.615 за параметрами обладнання, оснащення та трудовитрат відповідає дрібносерійному типу виробництва, зокрема використовується універсальне технологічне обладнання без засобів автоматизації, для базування та затиску заготовок застосовано стандартні та прості пристрої з ручним приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску 150000 шт, що вказана у завданні, відповідає великосерійному типу виробництва. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни:

- для виготовлення заготовки використовувати відносно меншої вартості методи, зокрема прокат;
- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарному багатошпиндельному автоматі замість звичайного токарно-гвинторізного верстата;
- шліфування зовнішньої циліндричної поверхні доцільно виконувати на безцентровошліфувальному автоматі замість звичайного круглошліфувального верстата;
- для свердління отвору під різьбу із фаскою доцільно використовувати комбінований осьовий інструмент;
- доцільне застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів автоматів, а також із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність та точність виготовлення деталі “Вісь” 28.615.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва виготовлення деталі “Вісь” 28.615 для програми випуску $N = 150000$ шт. і маси деталі 0,19 кг, визначений наближеним методом, є великосерійний.

Для точнішого розрахунку типу виробництва визначено коефіцієнт закріплення операцій. Як вихідні дані використано величини штучного часу для виконання операцій базового технологічного процесу.

У таблиці 2.1. представлено дані операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Вісь” 28.615.

Таблиця 2.1 – Дані операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Вісь” 28.615

Операція	T шт.	Операція	T шт.
005 Токарно-гвинторізна	8,65 хв.	020 Різенарізна	0,2 хв.
010 Горизонтально-фрезерна	0,51 хв.	025 Різенакатна	0,11 хв.
015 Вертикально-свердлильна	0,4 хв.	030 Круглошліфувальна	0,23 хв.

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

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

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

$$\eta_{\text{зн.}} = 0,75.$$

$$m_{p005} = \frac{150000 \cdot 8,65}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 7,2. \quad P_{005} = 9 \text{ верстатів.}$$

$$m_{p010} = \frac{150000 \cdot 0,51}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,42. \quad P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{150000 \cdot 0,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,34. \quad P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{150000 \cdot 0,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,17. \quad P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{150000 \cdot 0,11}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,09. \quad P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{150000 \cdot 0,229}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,19. \quad P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

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

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{7,2}{9} = 0,8.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,42}{1} = 0,42.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,34}{1} = 0,34.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,17}{1} = 0,17.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,09}{1} = 0,09.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,19}{1} = 0,19.$$

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

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

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,8} = 0,94. \quad O_{005} = 1 \text{ операція.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,42} = 1,79. \quad O_{010} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,34} = 2,2 . O_{015} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,17} = 4,4 . O_{020} = 5 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,09} = 8,3 . O_{015} = 9 \text{ операцій.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,19} = 3,9 . O_{0230} = 4 \text{ операції.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{86}{6} = 14,3 \quad K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{1+2+3+5+9+4}{9+1+1+1+1+1} = 1,71 .$$

Для $K_{з.о.} = 1,71$ тип виробництва – великосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

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

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 3979}{150000} = 1,6 \text{ хв.}$$

Величина однієї партії деталей [1]:

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

де $F=257$ днів

$$n = \frac{150000 \cdot 10}{257} = 5837 \text{ шт.}$$

Кількість робочих змін [1]:

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

де

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

$$T_{\text{шкс}} = \frac{8,65 + 0,51 + 0,4 + 0,2 + 0,11 + 0,23}{6} = 1,68 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{\text{шкс}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{1,68 \cdot 5837}{476 \cdot 0,8} = 25,8 \text{ зміни.}$$

Приймаємо $C_{\text{пр}} = 26$ змін.

Величина партії деталей [1]:

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

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 26}{1,68} = 5894 \text{ шт.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Вісь” 28.615 сталь 35 має середні показники границі текучості та міцності, добре піддається різанню та стружкоутворенню. Тому для виготовлення заготовки можна використовувати круглий прокат та методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі.

Порівнюємо два методи виготовлення заготовок за коефіцієнтом використання матеріалу та за вартістю. Вибираємо методи виготовлення заготовки:

1. Круг $\frac{28-4}{35-B}$ – калібрована кругла сталь марки 35 діаметром 28 мм, 4

класу точності, якості поверхні групи Б. Довжина прутка 6,5 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_{ϕ} геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{\phi}}, \quad (2.9)$$

Приблизна маса штамповки:

$$m_{ш} = m_{д} \cdot k_p, \quad (2.10)$$

де k_p – коефіцієнт для приблизного визначення маси штамповки, $k_p = 1,5$ [7];
 $m_{д} = 0,19$ кг – маса деталі.

Отже, $m_{ш} = m_{д} \cdot k_p = 0,19 \cdot 1,5 = 0,285$ кг.

Маса m_{ϕ} геометричної фігури, в яку вписана заготовка:

$$m_{\phi} = V_z \cdot \rho, \quad (2.11)$$

де ρ – густина матеріалу, $\rho = 7,85$ г/см³.

Об'єм геометричної фігури

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (2.12)$$
$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 28^2 \cdot 82,2}{4} = 50589,2 \text{ мм}^3 = 50,6 \text{ см}^3.$$
$$m_{\phi} = 50,6 \cdot 1,05 \cdot 7,85 = 0,42 \text{ кг}.$$

Група складності штамповки: $C = \frac{0,285}{0,42} = 0,67$.

Заготовка штамповка відноситься до ступеня складності С1.

Вихідний індекс заготовки для Т4, М1, С1 та $m_{ш} = 0,285$ кг. – 7.

Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Вісь” 28.615 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку двох варіантів загальних припусків деталі “Вісь” 28.615

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1) Круг $\frac{28 - 4}{35 - Б}$				
Торцева поверхня 80±1,1	Rz40	1,6	6	86±0,8
2) штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі				
Торцева поверхня 80±0,8	Rz40	1,0	1,1 × 2 = 2,2	82,2 ^{+0,7} _{-0,3}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø 28	Rz160	0,9	–	Ø 28 ^{+0,6} _{-0,3}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø 14,62h11	Ra6,3	0,9	1,0 × 2 = 2,0	Ø 16,62 ^{+0,6} _{-0,3}
Торець 36±0,8; 4±0,2	Rz40	0,9	0,8	35,2 ^{+0,6} _{-0,3} 40,3 ^{+0,6} _{-0,3}

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 некратністю заготовки довжині прокату:

$$L_{\text{нк.}} = L_{\text{пр.}} - x \cdot (L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}), \quad (2.13)$$

де $L_{\text{пр.}} = 6500$ мм – довжина прокату;

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

$$X = \frac{L_{\text{пр.}} - L_{\text{т.о.}} - L_{\text{зат.}}}{L_{\text{зат.}} + L_{\text{р.}}}, \quad (2.14)$$

де $L_{\text{зат.}}$ – довжина заготовки із припусками на відрізання інструментом (2а);
 $2a = 6$ мм;

$$L_{\text{зат.}} = L_{\text{дет.}} + 2a, \quad (2.15)$$

Довжина заготовки із припусками на підрізання торців:

$$L_{\text{зат.}} = 80 + 6 = 86 \text{ мм.}$$

Довжини торцевого обрізу прокату

$$L_{\text{т.о.}} = (0,3 \div 0,5) \cdot d = (0,3 \div 0,5) \cdot 28 = 8,4 \div 14 = 11,2 \text{ мм.}$$

Мінімальна довжина затискного кінця заготовки в пристосуванні при різанні $L_{\text{зат.}} = 40$ мм при затиску цангою.

Кількість заготовок, що можна виготовити із однієї довжини прокату (2.14):

$$X = \frac{6500 - 11,2 - 40}{86 + 3} = \frac{6448,8}{89} = 72 \text{ шт.}$$

Визначаємо витрати, пов'язані із некратністю заготовки довжині прокату (2.13):

$$L_{\text{нк.}} = 6500 - 72 \cdot (86 + 3) = 6500 - 6408 = 92 \text{ мм.}$$

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

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{Q_1 \cdot (100 + B_{\text{зат.}})}{100}, \quad (2.16)$$

де Q_1 – маса заготовки;

$$Q_1 = V_3 \cdot \rho, \quad (2.17)$$

де V_3 – об'єми заготовки.

Об'єм заготовки (2.12):

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4} = \frac{\pi \cdot 28^2 \cdot 86}{4} = 52927,84 \text{ мм}^3 = 53 \text{ см}^3;$$

$$Q_1 = 53 \cdot 7,85 = 416,05 \text{ г} = 0,42 \text{ кг}.$$

Загальні витрати матеріалу (%):

$$B_{\text{заг.}} = B_{\text{нк.}} + B_{\text{т.о.}} + B_{\text{зат.}}, \quad (2.18)$$

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

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(L_{\text{нк.}} \cdot 100)}{L_{\text{пр.}}} = \frac{(92 \cdot 100)}{6500} = 1,42\%.$$

$B_{\text{т.о.}}$ – витрати матеріалу на торцеве обрізання прокату;

$$B_{\text{т.о.}} = \frac{(L_{\text{т.о.}} \cdot 100)}{L_{\text{пр.}}} = \frac{(11,2 \cdot 100)}{6500} = 0,17\%.$$

$B_{\text{зат.}}$ – витрати матеріалу при вибраній довжині затиску прокату;

$$B_{\text{зат.}} = \frac{(L_{\text{зат.}} \cdot 100)}{L_{\text{пр.}}} = \frac{(40 \cdot 100)}{6500} = 0,62\%.$$

$$\text{Отже, } B_{\text{заг.}} = 1,42 + 0,17 + 0,62 = 2,21\%.$$

Підставляємо дані у формулу (2.16):

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{0,42 \cdot (100 + 2,21)}{100} = 0,43 \text{ кг}.$$

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

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 28^2 \cdot 40,3}{4} = 24802,232 \text{ мм}^2 = 24,8 \text{ см}^3,$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 16,62^2 \cdot 41,7}{4} = 9042,1 \text{ мм}^2 = 9,0 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{заг 2}} = V_1 + V_2.$$

$$V_{\text{заг}} = 24,8 + 9,0 = 33,8 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки:

$$Q_2 = 33,8 \cdot 7,85 = 265,33 \text{ г} = 0,265 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.19)$$

– для круглого прокату:

$$K_{B1} = \frac{0,19}{0,42} = 0,45;$$

– для штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі:

$$K_{B2} = \frac{0,19}{0,265} = 0,72 .$$

Собівартість заготовки з прокату [4]:

$$C_{\text{заг1}} = \frac{Q_{\text{т.в.}} \cdot S - (Q_{\text{т.в.}} - q) \cdot S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.20)$$

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

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

$$C_{\text{заг1}} = \frac{0,42 \cdot 39180 - (0,42 - 0,19) \cdot 6000}{1000} = 15,08 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість штамповки [4]:

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{S_{\text{б}} \cdot Q \cdot K_{\text{п}}}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.21)$$

де $S_{\text{б}} = 47000$ грн. – базова ціна 1 т. штамповок;

$K_{\text{п}}$ – загальний поправочний коефіцієнт;

$$K_{\text{п}} = K_{\text{тк}} \cdot K_{\text{ск}} \cdot K_{\text{мк}} \cdot K_{\text{пк}} \cdot K_{\text{вк}}, \quad (2.24)$$

$K_{\text{тк}} = 1,23$ – коефіцієнт точності штамповки [4];

$K_{\text{ск}} = 1,0$ – коефіцієнт складності штамповки [4];

$K_{\text{мк}} = 1,0$ – коефіцієнт марки матеріалу [4];

$K_{\text{пк}} = 1,15$ – коефіцієнт програми річного замовлення [4];

$K_{\text{вк}} = 2,2$ – коефіцієнт маси штамповки [4];

$$K_{\text{п}} = 1,23 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 2,2 = 3,112 .$$

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{47000 \cdot 0,265 \cdot 3,112}{1000} \right) - (0,265 - 0,19) \cdot \frac{6000}{1000} = 38,31 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість виготовлення заготовки із прокату є нижчою ніж виготовленої штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Вісь” 28.615 вибираємо спосіб виготовлення заготовки прокат.

2.3. Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз механічного оброблення поверхонь деталі “Вісь” 28.615 використовується принципи сумісності, постійності баз та концентрації операцій. Для забезпечення точності оброблення поверхонь осі на першій операції доцільно проводити проточування зовнішніх циліндричних поверхонь та торців, що будуть основними базами на наступних операціях.

На першій операції як базові поверхні використовується зовнішня циліндрична поверхня 2 та торець 10.

На другій операції як базові поверхні використовується зовнішня циліндрична поверхня 4 та торець 1.

На третій і четвертій операціях як базові поверхні використовується зовнішні циліндричні поверхні 4, 7, торець 10 з орієнтацією на площину 8.

На п'ятій операції як базові поверхні використовується зовнішні циліндричні та різьбові поверхні 7, 8 та торець канавки 6.

На шостій операції як базові поверхні використовується зовнішня циліндрична поверхня 4 та торець 3.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Розроблено два варіанти оброблення поверхонь деталі “Вісь” 28.615 для умов великосерійного типу виробництва. На основі цих варіантів проведено проектування технологічного процесу, що забезпечує формування вимог до

поверхонь деталі відповідно до креслення і необхідної продуктивності з використанням токарних та безцентровошліфувальних напівавтоматів.

Способи оброблення поверхонь деталі “Вісь” 28.615 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Способи оброблення поверхонь деталі “Вісь” 28.615

№ 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, 10	Торцева поверхня $80 \pm 1,1$	14	Rz40	Підрізання торця однократне	
2	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 28_{-0,17}$	12	Rz80	Не обробляється	
3	Торець $36 \pm 0,3$; R1	14	Ra 2,5	Шліфування напівчистове	
4	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 25k6^{(+0,015}_{+0,002})$	6	Ra 1,25	Шліфування напівчистове Шліфування чистове	
5	Лиска $17h14_{(-0,43)}$; $7 \pm 0,4$	14	Rz40	Фрезерування	
6	Канавка $5 \pm 0,3$; R1,5; R0,5; $<45^\circ$ $\varnothing 13_{-0,4}$	14	Rz40	Точіння фасонним різцем методом копіювання	Точіння канавочним різцем методом копіювання
7	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 14,62h11$ під різь M16-8g	11	Ra6,3	Точіння напівчистове при поздовжній подачі Точіння при поперечній подачі	
8	Різь M16-8g; $l=35$ мм	11	Ra6,3	Накатування різьби	Нарізання різьби
9,11	Фаска зовнішня $1,6 \times 45^\circ$	14	Rz40	Точіння однократне	
12	Канавка $b=3 \pm 0,2$; $\varnothing 24,5_{-0,5}$	14	Rz40	Точіння канавочним різцем	

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
12	Отвір наскрізний $\varnothing 6,7^{+0,2}$; під різьбу М8-7Н.	12	Ra12,5	Свердління по кондуктору	
13	Різьба, М8-7Н, l=25 мм	12	Ra6,3	Нарізання різби мітчиком	
14	Фаска внутрішня 1×45°	14	Rz40	Формування комбінованим інструментом при свердлінні	Зенкування

Із варіантів оброблення деталі (табл. 2.4) спроектовано технологічний процес, що відповідає великосерійному типу виробництва. Токарне оброблення поверхонь виконується на токарному багатошпиндельному автоматі замість звичайного токарно-гвинторізного верстата. Шліфування зовнішньої циліндричної поверхні виконується на безцентровошліфувальному автоматі замість звичайного круглошліфувального верстата. Для свердління отвору під різьбу із фаскою використовується комбінований осьовий інструмент. Застосовуються інструменти та технологічне оснащення для верстатів автоматів, а також із механізованим приводом затиску.

005 Токарна автоматна

1. Підрізати торець 10, витримуючи розмір $83 \pm 1,1$ з нижнього переднього поперечного супорта.
2. Точити поверхню 7, витримуючи розміри 40 мм; $\varnothing 25_{-0,33}$ з поздовжнього супорта.
3. Точити поверхні 6, 7, 9, витримуючи розміри 40 мм; $\varnothing 13_{-0,4}$; $\varnothing 14,62_{-0,14}$; $5 \pm 0,3$ фасонним різцем з середнього заднього поперечного супорта.
4. Точити поверхню 4 з підрізкою торця 3, витримуючи розміри 4,2 мм; $\varnothing 25,17_{-0,084}$ з поздовжнього супорта та точити фаску 10, витримуючи розмір $1,6 \times 45^\circ$ з верхнього заднього поперечного супорта одночасно.
5. Точити канавку 15 під вихід шліфувального круга, витримуючи розміри

$b = 3 \pm 0,2$; $\varnothing 24,5_{-0,5}$ з верхнього переднього поперечного супорта.

6. Відрізати деталь з відрізного супорта, витримуючи розмір $80 \pm 1,1$; подати пруток до упора, закріпити.

Перевірити розміри: $80 \pm 1,1$; $\varnothing 13_{-0,4}$; $5 \pm 0,3$; $\varnothing 14,62_{-0,14}$; $\varnothing 25,17_{-0,084}$; $3 \pm 0,2$; $\varnothing 24,5_{-0,5}$. Контроль 30%.

010 Фрезерна напівавтоматна

1. Фрезерувати дві лиски 5 одночасно, витримуючи розміри $17h14_{(-0,43)}$; $7 \pm 0,4$.

015 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 12 з формуванням фаски 14, витримуючи розміри $\varnothing 6,7^{+0,2}$; $l=25$ мм; $1 \times 45^\circ$.

020 Різенарізна

1. Нарізати різьбу 13, витримуючи розміри M8-7H, $l=25$ мм.

025 Різенакатна

1. Накатати різьбу 8, витримуючи розміри M16 $\times$ 1,5 -8g; $l=35$ мм.

030 Безцентрово-шліфувальна

1. Шліфувати попередню поверхню 4 і торець 3, витримуючи розміри $\varnothing 25,062h8$; $l = 36 \pm 0,3$.

2. Шліфувати остаточно поверхню 4, витримуючи розміри $\varnothing 25k6^{(+0,015}_{+0,002)}$ $l = 36 \pm 0,3$.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунок припусків на механічне оброблення деталі “Вісь” 28.615 у розробленому технологічному процесі проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи. Результати розрахунків представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски оброблення деталі “Вісь” 28.615

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
Торцеві поверхня $80\pm 1,1$					
Точіння	14	Rz 40	2,2	$3 \times 2 = 6,0$	$80\pm 1,1$
Заготовка	4-тий клас точності	Rz 80	1,6	6,0	$86\pm 0,8$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 14,62_{-0,14}$					
Точіння фасонне поперечне	12	Rz 40	0,14	$5,19 \times 2 = 10,38$	$\varnothing 14,62_{-0,14}$
Напівчистове точіння поздовжнє	13	Rz 40	0,33	$1,5 \times 2 = 3,0$	$\varnothing 25_{-0,33}$
Заготовка (прокат)	4-тий клас точності	Rz 80	0,17	$6,69 \times 2 = 13,38$	$\varnothing 28_{-0,17}$
Канавка $\varnothing 13_{-0,4}$ мм, $b = 5\pm 0,3$					
Точіння фасонне поперечне	14	Ra 25	0,43	–	$\varnothing 13_{-0,4}$
Заготовка (попередньо оброблена поверхня)	13	Rz 40	0,33	$6 \times 2 = 12$	$\varnothing 25_{-0,33}$
Торець $4\pm 0,1$					
Шліфування напівчистове	IT14/2	Ra 2,5	0,2	0,2	$4\pm 0,1$
Точіння напівчистове	IT15/2	Rz 40	0,4	0,4	$4,2\pm 0,2$
Заготовка – прокат	12	Rz 80	0,4		$4,6\pm 0,2$

На рис. 2.3. графічно представлено розподіл припусків при виконанні переходів оброблення поверхні $\varnothing 25k6$

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання оброблення деталі “Вісь” 28.615 проведено для 005 токарної автоматної.

005 Операція токарна автоматна

1. Глибина різання для кожного інструменту на всіх позиціях:

Позиція I: $t_I = 3$ мм.

Позиція II: $t_{II} = 1,5$ мм.

Позиція III: $t_{III} = 6$ мм.

Позиція IV: $t_{IV \text{ позд.}} = 1,415$ мм.; $t_{IV \text{ попр.}} = 1,6$ мм.

Позиція V: $t_V = 0,335$ мм.

Позиція VI: $t_{VI} = 6$ мм.

2. Довжина робочих ходів супортів:

Позиція I: поперечного супорта [14]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{перебігу}} + l_{\text{дод.}}, \quad (2.25)$$

де $l_{\text{різ.}} = 14$ мм; $l_{\text{підв.}} = 2$ мм; $l_{\text{вріз.}} = 5$ мм; $l_{\text{перебігу}} = 2$ мм; $l_{\text{дод.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х. I}} = 14 + 2 + 5 + 2 + 0 = 23 \text{ мм.}$$

Позиція II: поздовжнього супорта:

$l_{\text{різ.}} = 40$ мм; $l_{\text{підв.}} = 1$ мм; $l_{\text{вріз.}} = 4$ мм; $l_{\text{перебігу}} = 1$ мм; $l_{\text{дод.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х. II}} = 40 + 1 + 4 + 1 + 0 = 46 \text{ мм.}$$

Позиція III: поперечного супорта:

$l_{\text{різ.}} = 6$ мм; $l_{\text{підв.}} = 2$ мм; $l_{\text{вріз.}} = 3$ мм; $l_{\text{дод.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х. III}} = 6 + 2 + 3 + 0 = 11 \text{ мм.}$$

Позиція IV:

—поздовжнього супорта:

$l_{\text{різ.}} = 35,8$ мм; $l_{\text{підв.}} = 2$ мм; $l_{\text{вріз.}} = 4$ мм; $l_{\text{дод.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х. IV позд.}} = 35,8 + 2 + 4 + 0 = 41,8 \text{ мм.}$$

—поперечного супорта:

$l_{\text{різ.}} = 1,6$ мм; $l_{\text{підв.}} = 2$ мм; $l_{\text{вріз.}} = 3$ мм; $l_{\text{дод.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х. IV попр.}} = 1,6 + 2 + 3 + 0 = 6,6 \text{ мм.}$$

Позиція V: поперечного супорта:

$l_{\text{різ.}} = 0,335$ мм; $l_{\text{підв.}} = 2$ мм; $l_{\text{вріз.}} = 3$ мм; $l_{\text{дод.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х. V}} = 0,335 + 2 + 3 + 0 = 5,335 \text{ мм.}$$

Позиція VI: поперечного супорта:

$l_{\text{різ.}} = 14 \text{ мм}; l_{\text{підв}} = 2,4 \text{ мм}; l_{\text{вріз.}} = 3 \text{ мм}; l_{\text{перебігу}} = 1,5 \text{ мм}; l_{\text{дод.}} = 0;$

$L_{\text{р.х. VI}} = 14 + 2,4 + 3 + 1,5 + 0 = 20,9 \text{ мм.}$

Вибираємо найбільше значення робочого ходу поздовжнього супорта
 $L_{\text{р.х. II}} = 46 \text{ мм.}$

3. Подача інструментів:

Позиція I: поперечний супорт $S_{oI} = 0,112 \text{ мм/об [14].}$

Позиція II: поздовжній супорт $S_{oII} = 0,125 \text{ мм/об [14].}$

Позиція III: поперечний супорт $S_{oIII} = 0,045 \text{ мм/об [14].}$

Позиція IV:

– поздовжній супорт $S_{oIV\text{позд.}} = 0,125 \text{ мм/об [14];}$

– поперечний супорт $S_{oIV\text{попер.}} = 0,06 \text{ мм/об [14].}$

Позиція V: поперечний супорт $S_{oV} = 0,06 \text{ мм/об [14].}$

Позиція VI: відрізний супорт $S_{oVI} = 0,064 \text{ мм/об [14].}$

Кількість обертів шпинделя n_p :

$$n_p = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o}, \quad (2.26)$$

Позиція I: поперечний супорт $n_{pI} = \frac{23}{0,112} = 205 \text{ об;}$

Позиція II: поздовжній супорт $n_{pII} = \frac{46}{0,125} = 368 \text{ об;}$

Позиція III: поперечний супорт $n_{pIII} = \frac{11}{0,045} = 244 \text{ об;}$

Позиція IV:

– поздовжній супорт $n_{pIV\text{позд.}} = \frac{41,8}{0,125} = 334,4 \text{ об,}$

– поперечний супорт $n_{pIV\text{поп.}} = \frac{6,6}{0,06} = 110 \text{ об;}$

Позиція V: поперечний супорт $n_{pV} = \frac{5,335}{0,06} = 89 \text{ об;}$

Позиція VI: відрізний супорт $n_{pVI} = \frac{20,9}{0,064} = 326,5 \text{ об.}$

Приймаємо найбільше значення обертів $n_p = 368$, що відповідає паспортному значенню $n_{pp} = 382$ обертів при змінних зубчастих колесах $e = 27$, $f = 57$, $g = 37$, $h = 47$.

Фактичні подачі на кожному переході:

$$S_{II} = \frac{L_{p.x.}}{n_{pp}}, \quad (2.27)$$

Позиція I: поперечний супорт $S_{II} = \frac{23}{382} = 0,06 \text{ мм/об}$;

Позиція II: поздовжній супорт $S_{III} = \frac{46}{382} = 0,12 \text{ мм/об}$;

Позиція III: поперечний супорт $S_{III} = \frac{11}{382} = 0,03 \text{ мм/об}$;

Позиція IV:

– поздовжній супорт $S_{IV\text{позд.}} = S_{III} = 0,12 \text{ мм/об}$.

– поперечний супорт $S_{IV\text{попер.}} = \frac{6,6}{382} = 0,017 \text{ мм/об}$; розраховане значення

подачі занадто мале, тому необхідно його збільшити до прийнятого значення $S_{oIV\text{попер.}} = 0,06 \text{ мм/об}$ за рахунок збільшення робочого ходу супорта:

$$L_{p.x. IV \text{ попер.}} = S_{oIV\text{попер.}} \cdot n_{pp} = 0,06 \cdot 382 = 23 \text{ мм.}$$

Позиція V: поперечний супорт $S_{IV} = \frac{5,335}{382} = 0,014 \text{ мм/об}$; розраховане

значення подачі занадто мале, тому необхідно його збільшити до прийнятого значення $S_{oV} = 0,06 \text{ мм/об}$ за рахунок збільшення робочого ходу супорта:

$$L_{p.x. V} = S_{oV\text{попер.}} \cdot n_{pp} = 0,06 \cdot 382 = 23 \text{ мм.}$$

Позиція VI: відрізний супорт $S_{IVI} = \frac{20,9}{382} = 0,055 \text{ мм/об}$.

4. Період стійкості інструментів:

$$T_p = T_M \cdot \lambda, \quad (2.28)$$

де $T_M = 150$ хв. [14]; $\lambda = \frac{L_{\text{різ.}}}{L_{\text{р.х.}}}$.

Позиція I: $\lambda_I = \frac{14}{23} = 0,6$; $T_{pI} = 150 \cdot 0,6 = 90$ хв.;

Позиція II: $\lambda_{II} = \frac{40}{46} = 0,87$; $T_{pII} = 150 \cdot 0,87 = 130$ хв.;

Позиція III: $\lambda_{III} = \frac{6}{11} = 0,55$; $T_{pIII} = 150 \cdot 0,55 = 82$ хв.;

Позиція IV: $\lambda_{IV\text{позд.}} = \frac{35,8}{41,8} = 0,86$; $T_{pIV\text{позд.}} = 150 \cdot 0,86 = 128$ хв.;

$\lambda_{IV\text{поп.}} = \frac{1,6}{6,6} = 0,24$; $T_{pIV\text{позд.}} = 150 \cdot 0,24 = 36$ хв.;

Позиція V: $\lambda_V = \frac{0,335}{5,335} = 0,1$; $T_{pV} = 150 \cdot 0,1 = 15$ хв.; дане значення є малим

для різця зі швидкорізальної сталі, тому необхідно його збільшити.

$T_{pV} = 150 \cdot 0,2 = 30$ хв.;

Позиція VI: $\lambda_{VI} = \frac{14}{20,9} = 0,7$; $T_{pVI} = 150 \cdot 0,7 = 100$ хв.

5. Швидкість різання :

Позиція I [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.29)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi} \cdot K_{\phi l} \cdot K_r. \quad (2.30)$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} [14].$$

$\sigma_B = 530$ МПа; $K_r = 1,0$ [14]; $n_v = 1,75$ [14];

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{1,75} = 1,84.$$

$K_{nv} = 0,9$ заготовка – прокат [14];

$K_{iv} = 1,0$ [14];

$$K_{\varphi v} = 0,8 \text{ при } \varphi = 75^\circ [14];$$

$$K_{\varphi 1v} = 0,91 \text{ при } \varphi_1 = 30^\circ [14];$$

$$K_{rv} = 0,94 \text{ при } r_1 [14];$$

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,20; [14];$$

$$K_v = 1,84 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,91 \cdot 0,94 = 1,27;$$

$$V_I = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,06^{0,2}} \cdot 1,27 \cdot 0,5 = 161 \text{ м/хв.}$$

Позиція II:

$$K_{\varphi v} = 0,7 \text{ при } \varphi = 90^\circ [14];$$

$$K_{\varphi 1v} = 1,0 [14];$$

$$K_v = 1,84 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,94 = 1,09;$$

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

$$V_{II} = \frac{420}{130^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 1,09 \cdot 0,5 = 125 \text{ м/хв.}$$

Позиція III [14]:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.31)$$

$$V_{TIII} = 73 \text{ м/хв. [14]; } K_1 = 0,6; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0;$$

$$V_{III} = 73 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 43,8 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV:

$$V_{TIV\text{позд.}} = 54 \text{ м/хв. [14]; } K_1 = 0,75; K_2 = 0,95;$$

$$V_{IV\text{позд.}} = 54 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 38,5 \text{ м/хв,}$$

$$V_{TIV\text{поп.}} = 57 \text{ м/хв. [14]; } K_1 = 0,6; K_2 = 1,15;$$

$$V_{IV\text{поп.}} = 57 \cdot 0,6 \cdot 1,15 = 40 \text{ м/хв,}$$

Позиція V:

$$V_{IV} = 57 \text{ м/хв.; } K_1 = 0,6; K_2 = 1,4;$$

$$V_V = 57 \cdot 0,6 \cdot 1,4 = 48 \text{ м/хв,}$$

Позиція VI:

$$V_{TVI} = 63 \text{ м/хв. [14]; } K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0;$$

$$V_{VI} = 63 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 47,25 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ хв}^{-1}. \quad (2.32)$$

$$\text{Позиція I: } n_I = \frac{1000 \cdot 161}{\pi \cdot 28} = 1831 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція II: } n_{II} = \frac{1000 \cdot 125}{\pi \cdot 25} = 1600 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція III: } n_{III} = \frac{1000 \cdot 43,8}{\pi \cdot 13} = 1073 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція IV: } n_{IV\text{позд.}} = \frac{1000 \cdot 38,5}{\pi \cdot 25,17} = 487 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція V: } n_V = \frac{1000 \cdot 48}{\pi \cdot 24,5} = 624 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція VI: } n_{VI} = \frac{1000 \cdot 47,25}{\pi \cdot 28} = 537 \text{ хв}^{-1}.$$

Вибираємо з отриманих даних найменшу частоту обертання $n_{IV\text{позд.}} = 487 \text{ хв}^{-1}$.
Коректуємо за паспортом верстата $n_{III} = 500 \text{ хв}^{-1}$ і вибираємо кількість зубів змінних зубчастих коліс, які їй відповідають: $a = 35$, $b = 49$, $c = 32$, $d = 52$ [13].

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{III}}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (2.33)$$

$$\text{Позиція I: } V_{\phi I} = \frac{\pi \cdot 28 \cdot 500}{1000} = 44 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція II: } V_{\phi II} = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 500}{1000} = 40 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція III: } V_{\phi III} = \frac{\pi \cdot 13 \cdot 500}{1000} = 20,4 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція IV: } V_{\phi IV\text{позд.}} = \frac{\pi \cdot 25,17 \cdot 500}{1000} = 40 \text{ м/хв.}$$

$$V_{\phi IV\text{поп.}} = \frac{\pi \cdot 24,8 \cdot 500}{1000} = 39 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція V: } V_{\phi V} = \frac{\pi \cdot 24,5 \cdot 500}{1000} = 38,5 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція VI: } V_{\phi VI} = \frac{\pi \cdot 28 \cdot 500}{1000} = 44 \text{ м/хв.}$$

7. Сила різання для кожного інструменту позицій I та II:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p; \quad (2.34)$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (2.35)$$

Позиція I:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n [14]; n = 0,35;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{530}{750} \right)^{0,35} = 0,89.$$

$$K_{\phi p} = 0,98; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 0,93;$$

$$K_p = 0,89 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,81;$$

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15;$$

$$P_{zI} = 10 \cdot 300 \cdot 3,0^{1,0} \cdot 0,06^{0,75} \cdot 44^{-0,15} \cdot 0,81 = 497 \text{ Н.}$$

Позиція II:

$$K_{\phi p} = 0,89 [14];$$

$$K_p = 0,89 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,74;$$

$$P_{zII} = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 40^{-0,15} \cdot 0,74 = 380 \text{ Н.}$$

8. Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.} \quad (2.36)$$

$$\text{Позиція I: } N_{\text{різI}} = \frac{497 \cdot 44}{1020 \cdot 60} = 0,34 \text{ кВт.}$$

$$\text{Позиція II: } N_{\text{різII}} = \frac{380 \cdot 40}{1020 \cdot 60} = 0,25 \text{ кВт.}$$

Позиція III: для фасонного різця [14]:

$$N_{\text{різIII}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot B \frac{V}{1000}, \text{ кВт} \quad (2.37)$$

Де $N_{\text{табл.}} = 0,17 \text{ кВт}$ [14]; $K_N = 1,15 \cdot 0,95 = 1,09$; $B = 40 \text{ мм}$.

$$N_{\text{різIII}} = 0,17 \cdot 1,09 \cdot 40 \cdot \frac{20,4}{1000} = 0,15 \text{ кВт};$$

Позиція IV:

– для прохідного різця [14]:

$$N_{\text{різIV}} = N_{\text{табл.}} \cdot K_N \cdot t \cdot \frac{V}{1000}, \text{ кВт} \quad (2.38)$$

де $N_{\text{табл.}} = 0,45 \text{ кВт}$ [14]; $K_N = 1,15 \cdot 0,95 = 1,09$; $t = 1,415 \text{ мм}$.

$$N_{\text{різIV}} = 0,45 \cdot 1,09 \cdot 1,415 \cdot \frac{40}{1000} = 0,03 \text{ кВт};$$

– для фасонного різця (2.37):

$N_{\text{табл.}} = 0,26 \text{ кВт}$ [14]; $K_N = 1,15 \cdot 0,95 = 1,09$; $B = 6,2 \text{ мм}$.

$$N_{\text{різIV}} = 0,26 \cdot 1,09 \cdot 6,2 \cdot \frac{39}{1000} = 0,07 \text{ кВт};$$

Позиція V: для канавочного різця (2.38):

$N_{\text{табл.}} = 0,35 \text{ кВт}$ [14]; $K_N = 1,15 \cdot 0,95 = 1,09$; $t = 0,335 \text{ мм}$.

$$N_{\text{різV}} = 0,35 \cdot 1,09 \cdot 0,335 \cdot \frac{38,5}{1000} = 0,005 \text{ кВт};$$

Позиція VI: для відрізного різця (2.37):

$N_{\text{табл.}} = 0,26 \text{ кВт}$ [14]; $K_N = 1,15 \cdot 0,95 = 1,09$; $B = 3 \text{ мм}$.

$$N_{\text{різVI}} = 0,26 \cdot 1,09 \cdot 3 \cdot \frac{44}{1000} = 0,037 \text{ кВт}.$$

Визначаємо сумарну потужність:

$$\sum N_{\text{різ}} = N_{\text{різI}} + N_{\text{різII}} + N_{\text{різIII}} + N_{\text{різIV}} + N_{\text{різV}} + N_{\text{різVI}}, \text{ кВт};$$

$$\sum N_{\text{різ}} = 0,34 + 0,25 + 0,15 + 0,03 + 0,07 + 0,005 + 0,055 = 0,9 \text{ кВт}.$$

9. Перевіряємо достатність потужності приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \text{ кВт}; \quad (2.39)$$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (2.40)$$

де $N_{\text{д}} = 15 \text{ кВт}$ – верстата мод. 1Б240-6К; $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{різ}} = 0,9 \text{ кВт} \leq N_{\text{шп}} = 12 \text{ кВт}.$$

10. Час робочого ходу:

$$t_p = 60 \cdot \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{шп}}} = 60 \cdot \frac{382}{500} = 45,84 \text{ с}.$$

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій виготовлення деталі “Вісь” 28.615 і зведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Вісь” 28.615

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна автоматна										
Позиція 1 Підрізати торець 10, витримуючи розмір 83±1,1 з нижнього переднього поперечного супорта	3	23	1	90	0,06	500	44	—	0,764	0,34
Позиція 2 Точити поверхню 7, витримуючи розміри 40мм; Ø 25 _{-0,33} з поздовжнього супорта	1,5	46	1	130	0,12	500	40	—	0,764	0,25
Позиція 3 Точити поверхні 6, 7, 9, витримуючи розміри 40мм; Ø 13 _{-0,4} ; Ø 14,62 _{-0,14} ; 5±0,3 фасонним різцем з середнього заднього поперечного супорта	6	11	1	82	0,03	500	20,4	—	0,764	0,15

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція 4 Точити поверхню 4 з підрізкою торця 3, витримуючи розміри $4,2 \pm 0,2$; $\varnothing 25,17_{-0,084}$ з поздовжнього супорта та точити фаску 10, витримуючи розмір $1,6 \times 45^\circ$ з верхнього заднього поперечного супорта одночасно	1,415	41,8	1	128	0,12	500	40	—	0,764	0,03
	1,6	23		36	0,06		39			0,07
Позиція 5 Точити канавку 12 під вихід шліфувального круга, витримуючи розміри $b = 3 \pm 0,2$; $\varnothing 24,5_{-0,5}$ з верхнього переднього поперечного супорта	0,0335	23	1	30	0,06	500	38,5	—	0,764	0,005
Позиція 6 Відрізати деталь з відрізного супорта, витримуючи розмір $80 \pm 1,1$	3	20,9	1	100	0,055	500	44	—	0,764	0,037
010 Фрезерна напівавтоматна										
Фрезерувати дві лиски 5 одночасно, витримуючи розміри $17h14_{(-0,43)}$; $7 \pm 0,4$;	7	255	1	160	Sz мм/зуб 0,1	315	160	400	0,63	2,3
015 Вертикально-свердлильна										
Свердлити отвір 12 з формуванням фаски 14, витримуючи розміри $\varnothing 6,7^{+0,2}$; $l=25$ мм; $1 \times 45^\circ$	3,35	29	1	20	0,18	1000	21	180	0,14	0,3
020 Різенарізна										
Нарізати різьбу 13, витримуючи розміри М8-7Н, $l=25$ мм	1,1	29	1	20	1,25	300	7,5	375	0,08	0,5

Закінчення таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
025 Різенакатна										
Накатати різь 8, витримуючи розміри М16-8g; l=35 мм	1	4	1		0,24	1180	14,8	–	0,02	1,2
030 Безцентрово-шліфувальна										
Перехід 2 Шліфувати попередньо поверхню 4 і торець 3, витримуючи розміри Ø 25,062h8; l = 29	29	0,0159	1	–	1,8	150	11,8	–	0,12	0,98
Перехід 3 Шліфувати остаточно поверхню 4, витримуючи розміри Ø 25k6 ^(+0,015 +0,002) l = 29	29	0,080	1	–	1,8	150	11,8	–	0,12	0,82

Технічні норми часу для 005 токарної автоматної операції проведено аналітичним методом, а для решти семи операцій - табличним методом.

Операція 005 Токарна автоматна.

Норма штучного часу для багатошпиндельних автоматів [1]:

$$T_{шт} = t_p + t_{ш} + T_{тех.обсл.} + T_{орг.обсл.} + T_{відп.}, \quad (2.41)$$

де t_p – час робочого ходу, с;

$$t_p = 60 \cdot \frac{n_{пп}}{n_{шп}} = 60 \cdot \frac{382}{500} = 45,84 \text{ с.} = 0,764 \text{ хв.}$$

Час швидких переміщень $t_{ш} = 2,5 \text{ с.} = 0,0416 \text{ хв.}$ для моделі верстата 1Б240-6К при одинарній індексації шпиндельного барабана.

Оперативний час: $T_{оп} = t_p + t_{ш} = 45,84 + 2,5 = 48,34 \text{ с.}$

Затрати часу на технічне обслуговування робочого місця [1]:

$$T_{тех.обсл.} = t_p \cdot 2\% = 45,84 \cdot 0,02 = 0,917 \text{ с.}$$

Затрати часу на організаційне обслуговування робочого місця [1]:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{оп}} \cdot 2,4\% = 48,34 \cdot 0,024 = 1,16 \text{ с.}$$

Затрати часу на перерви, відпочинок і особисті потреби [1]:

$$T_{\text{відп}} = T_{\text{оп}} \cdot 6\% = 48,34 \cdot 0,06 = 2,9 \text{ с.}$$

Визначаємо норму штучного часу (2.41):

$$T_{\text{шт}} = 48,34 + 0,917 + 1,16 + 2,9 = 53,3 \text{ с} = 0,889 \text{ хв.}$$

Для серійного виробництва додатково розраховується штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.42)$$

де n – величина партії деталей, $n = 5894$ шт.

За нормативами [1] підготовчо-заключний час 35 хв.

– на додаткові прийоми – 1 хв.

$$T_{\text{п.з.}} = 35 + 1 = 36 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді, } T_{\text{шт.к}} = 0,889 + \frac{36}{5894} = 0,895 \text{ хв.}$$

010 Фрезерна напівавтоматна операція.

1. Основний час $T_o = 0,63$ хв.

2. Штучний час [1]:

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

$$T_{\text{шт}} = 1,51 \cdot 0,63 = 0,95 \text{ хв.}$$

За нормативами [1] встановлюємо підготовчо-заключний час: – на наладку верстата і пристосування – 16 хв.

– на установку фрез – 2 хв.

– на додаткові прийоми – 7 хв.

$$T_{\text{п.з.}} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді, } T_{\text{шт.к}} = 0,95 + \frac{25}{5894} = 0,954 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна

1. Основний час $T_o = 0,14$ хв.

2. Штучний час [1] (2.43):

$$T_{шт} = 1,4 \cdot 0,14 = 0,196 \text{ хв.}$$

020 Різенарізна

1. Основний час $T_o = 0,08$ хв.

2. Штучний час [1] (2.43):

$$T_{шт} = 1,5 \cdot 0,08 = 0,12 \text{ хв.}$$

025 Різенакатна операція.

1. Основний час $T_o = 0,02$ хв.

2. Штучний час

$$T_{шт} = 1,3 \cdot 0,02 = 0,026 \text{ хв.}$$

За нормативами [1] встановлюємо підготовчо-заключний час: – на наладку верстата – 20 хв.

$$T_{п.з.} = 20 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді, } T_{шт.к} = 0,026 + \frac{20}{5894} = 0,029 \text{ хв.}$$

030 Безцентрово-шліфувальна операція.

1. Основний час $T_o = 0,24$ хв.

2. Штучний час

$$T_{шт} = 1,55 \cdot 0,24 = 0,372 \text{ хв.}$$

За нормативами [1] встановлюємо підготовчо-заключний час: – на наладку верстата – 13 хв.; – додатковий час на кожен прохід більше одного – 7 хв.

$$T_{п.з.} = 13 + 7 = 20 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді, } T_{шт.к} = 0,372 + \frac{20}{5894} = 0,375 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Вісь” 28.615

Номер та назва операції	T _о , хв	t _ш , хв	Опера- тивний час, T _{оп} , хв	Час обслуго- вування, T _{об} , хв		T _{відп} , хв	T _{шт} , хв	п, шт	T _{п.з.} , хв	T _{шт.к} , хв
		T _{в.з.}		T _{тех.об.}	T _{орг.об.}					
005 Токарна автоматна	t _р 0,764	0,0416	0,8	0,015	0,019	0,048	0,889	5894	12	0,897
010 Фрезерна напівавтоматна	0,63						0,95		25	0,967
015 Вертикально- свердлильна	0,14						0,196		20	0,21
020 Різенарізна	0,08						0,12		20	0,14
025 Різенакатна	0,02						0,026		20	0,04
030 Безцентрово- шліфувальна	0,24						0,372		20	0,385

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для фрезерування двох площин одночасно в деталі “Вісь” 28.615 на 010 фрезерній напівавтоматній операції розроблено та виконано складальне креслення спеціального п’ятимісного затискного пристрою. Пристрій базують на пазі стола фрезерного верстата за допомогою двох шпонок 11 і закріплюють болтами через пази у нижній плиті. Застосування багатомісного пристрою сприяє зменшенню допоміжного часу при виконанні операції.

Розроблений пристрій призначений для базування та закріплення заготовок при одночасному обробленні двох площин, витримуючи розміри $17h14_{(-0,43)}; 7\pm0,4$.

Деталь базують пристосуванні по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 25,17_{-0,084}$ мм двома самоцентруючими призмами 23 та 24 та по торцю $80\pm1,1$ мм на базу 27 – плиту пристрою.

Затиск деталі виконують передачею зусилля штоком від пневмоциліндра двохсторонньої дії через штовхач 12, з’єднувальну ланку 15, важіль 18, що повертається навколо осі 17, шток 20 призмами 23 і 24 до циліндричної поверхні заготовки. Креслення пристрою представлено у графічній частині.

Похибка встановлення заготовки деталі “Вісь” 28.615 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 при обробленні [15]:

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

Точність відстані взаємного розміщення двох фрезерованих площин 17h14_(-0,43) визначається точністю переміщення робочих елементів фрезерного верстата, точністю торцевих фрез а також величиною їх деформації. При застосуванні двох самоцентрувальних призм похибка базування на цей розмір буде дорівнювати нулю, тобто $\Delta_{61} = 0$.

Похибка закріплення при затиску заготовки по циліндричній обробленій поверхні $\Delta_3 = 70$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 120$ мкм.

Розраховуємо похибку встановлення заготовки деталі “Вісь” 28.615 у пристрої:

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0 + 0,07^2 + 0,12^2} = 0,14 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму похибку при фрезеруванні площин 17h14_(-0,43):

$$\Delta \varepsilon_{1\delta} = \delta, \quad (3.3)$$

де δ – допуск розміру розташування площин, $\delta = 0,43$ мм.

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,14 \text{ мм} < 0,43 \text{ мм.}$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Проведено розрахунок силових параметрів затиску заготовки деталі “Вісь” 28.615 при фрезеруванні двох площин, витримуючи розміри 17h14_(-0,43); 7±0,4 на 010 фрезерній напівавтоматній операції із виникненням найбільших значень сили та моменту різання торцевою фрезою.

На рис. 3.1 представлено схему, за якою проведено розрахунок силових параметрів при затиску заготовки по циліндричній поверхні.

Для затиску заготовки застосовано дві самоцентрувальні призми з приводом від пневмоциліндра. На призмах при подачі повітря у пневмоциліндр виникає сила затиску P_3 заготовки по циліндричній поверхні $\varnothing 25,17_{-0,084}$ мм у місці її контакту із призмами, що дорівнює силі тертя між вказаними елементами із коефіцієнтами тертя $f_1=0,2$. В процесі фрезерування площин двома фрезами виникають дві тангенціальні складові P_z сили різання, що діють на заготовку.

Рівняння рівноваги моментів, що діють на заготовку відносно її осі симетрії:

$$P_3 \frac{D_1}{2} \cdot \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 2K \cdot P_z \frac{D_2}{2}, \quad (3.4)$$

де $D_1 = 25,17$ мм – діаметр заготовки, по якому проходить її затиск;

$D_2 = 17$ мм – діаметр заготовки, на якому виконується фрезерування площини;

K - коефіцієнт запасу $K = 1,5$;

α – кут установчої призми, $\alpha = 90^\circ$.

Тангенціальна складова P_z сили різання, що діє на заготовку при фрезеруванні дисковою фрезою [14]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^{n_1} z K_{mp}}{D^q n^w}, \quad (3.5)$$

де $C_p = 261$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $n_1 = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$

$t = 4,09$ мм;

$s_z = 0,1$ мм/зуб;

$B = 7$ мм;

$z = 5$ мм;

$D = 160$ мм;

$n = 315$ об/хв.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (3.6)$$

$$\sigma_B = 530 \text{ МПа};$$

$$n = 0,3 [14];$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{530}{750} \right)^{0,3} = 0,9 [14].$$

Підставляємо дані у рівняння (3.5):

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 4,09^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 7^{1,1} \cdot 5 \cdot 0,9}{160^{1,1} \cdot 315^{0,1}} = 119 \text{ Н.}$$

Із рівняння (3.4) знаходимо силу затиску заготовки призмами:

$$P_3 = \frac{2K \cdot P_z D_2}{D_1 \cdot \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}}}; \quad (3.7)$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 119 \cdot 17}{25,17 \cdot \frac{0,2}{\sin \frac{90}{2}}} = 852,5 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_3 \leq W, \quad (3.8)$$

де W – сила створена пристроєм при затиску заготовки.

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

$$W = \frac{F_1}{\text{tg}(\beta + \gamma) + f_3 + f_4} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.9)$$

де γ - кут нахилу підсилювальної ланки, $\gamma = 30^\circ$;

β – кут тертя в шарнірах підсилювальної ланки;

f_3 - коефіцієнт тертя між поверхнями штовхача та опори, $f_3=0,12$;

f_2 - коефіцієнт тертя між поверхнями циліндричного штовхача та втулки, $f_2=0,1$;

l_1 – довжина горизонтальної частини важеля; $l_1 = 52$ мм ;

l_2 – довжина вертикальної частини важеля; $l_2 = 40$ мм.

Сила на штоці пневмоциліндра [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.10)$$

де $D_1=100$ мм діаметр циліндра;

Із формули (3.10) отримано:

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

Кут тертя в шарнірах підсилювальної ланки [15]:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{f \cdot d}{L}\right), \quad (3.11)$$

де f - коефіцієнт тертя між поверхнями шарніра, $f=0,1$;

$d=10$ мм - діаметр вісі шарніра;

L – відстань між центрами шарнірів підсилювальної ланки, $L=80$ мм.

$$\beta = \arcsin\left(\frac{0,1 \cdot 10}{80}\right) = 0,72 \text{ град.}$$

Підставляємо дані у формулу (3.9):

$$W = \frac{2826}{\operatorname{tg}(30 + 0,72) + 0,12 + 0,1} \cdot \frac{52}{40} \cdot 0,9 = 3904 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.8): $P_3 = 852,5 \text{ Н} < W = 3904 \text{ Н}$. Оскільки умова (3.8) виконується, відповідно затиск заготовки деталі “Вісь” 28.615 буде забезпечено.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Інженерний розрахунок необхідної кількості первинних засобів пожежогасіння для обладнання виробничої зони обробки деталей

До складу первинних засобів пожежогасіння входять переносні та пересувні вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з термостійких негорючих теплоізоляційних матеріалів, технічна повсть або грубововняна тканина, контейнери з інертними середовищами – пісок, резервуари з водою, відра конічної форми, лопати совкові) та пожежно-технічне обладнання (пожежні гаки, ломы, пожежні сокири тощо).

Процедура визначення типів і кількості засобів первинного пожежогасіння здійснюється з урахуванням фізико-хімічних характеристик горючих речовин і матеріалів, їх потенційної реактивності з вогнегасними агентами, а також згідно з параметрами площі та конфігурації захищуваних об'єктів – виробничих приміщень, відкритих технологічних майданчиків і стаціонарного обладнання.

Нормування кількості вогнегасних засобів виконується автономно для кожного рівня будівлі, окремого приміщення чи технологічного майданчика (включаючи модульні конструкції відкритого типу). У випадках суміщення в межах одного простору виробництв із різною категорією пожежонебезпеки, не ізольованих протипожежними бар'єрами, комплектація первинними засобами здійснюється відповідно до вимог найбільш вибухо- пожежонебезпечного виробництва.

Пожежні покривала мають відповідати мінімальним габаритам 1×1 м і призначені для ізоляції осередків займання речовин, які не підтримують горіння за відсутності кисню. У зонах зберігання або застосування легкозаймистих матеріалів допускається використання покривал збільшеного розміру: 2×1,5 м або 2×2 м. Вони рекомендовані до застосування для локалізації пожеж класів А, В, D, (Е) згідно з ISO 3941-77.

Резервуари з водою (бочки) передбачаються для експлуатації в об'єктах, не обладнаних стаціонарною системою внутрішнього протипожежного водопостачання, за наявності горючих матеріалів. Розрахункове забезпечення – одна бочка на 250–300 м² площі. Ємність резервуара повинна бути не менше 0,2 м³, з укомплектуванням стандартним пожежним відром об'ємом не менше 0,008 м³.

Пожежні стенди (щити) встановлюються на об'єктах з інтервалом 1 шт. на 5000 м² території. Комплект стенда повинен включати:

- вогнегасники – 3 од.;
- ящик з піском – 1 од. (об'єм не менше 0,5 м³);
- покривало розміром 2×2 м – 1 од.;
- гаки – 3 од.;
- лопати – 2 од.;
- ломи – 2 од.;
- сокири – 2 од.

Контейнери для зберігання піску (ящики) повинні забезпечувати зручний доступ до матеріалу та бути захищеними від атмосферних впливів. Мінімальний об'єм піскового резервуара в складі пожежного щита – 0,1 м³.

У зонах зберігання лісоматеріалів, пакувальної тари, волокнистих речовин передбачається підвищене забезпечення засобами пожежогасіння, виходячи з ризик-орієнтованого підходу та місцевих умов експлуатації.

Будівлі, що перебувають у фазі спорудження або капітальної реконструкції, комплектуються первинними засобами згідно з наступними нормами:

- 1 вогнегасник, 1 бочка з водою, 1 ящик з піском на кожні 200 м² площі поверху;
- мінімум 2 вогнегасники на поверх при довжині риштування понад 20 м, додатково 1 бочка на кожні 100 м;
- на перекриття з горючим утеплювачем – комплект аналогічний підлоговому;

- по 2 вогнегасники на кожну монтажну люльку;
- у зонах встановлення теплогенераторів і калориферів – по 2 вогнегасники та 1 ящик з піском на кожну одиницю обладнання.

У згаданих умовах експлуатації використовуються водяні або пінні вогнегасники об'ємом 10 л або порошкові об'ємом не менше 5 л.

На будівельних майданчиках, поблизу тимчасових будівель, складів і майстерень обов'язкове розміщення пожежних щитів та резервуарів з водою.

Підбір типу та розрахунок необхідної кількості вогнегасників виконується відповідно до нормативної документації, зокрема таблиць ISO 3941-77, із врахуванням:

- класу пожежі (А – тверді речовини, В – рідини, С – гази, D – метали, Е – електроустановки);
- категорії приміщення за вибухопожежною небезпекою;
- межі ефективності вогнегасного засобу за площею покриття;
- температурного діапазону експлуатації.

Тип вогнегасника (переносний або пересувний) вибирається на основі передбачуваної інтенсивності та площі осередку загоряння. При значних масштабах необхідно передбачити застосування стаціонарних або мобільних систем підвищеної продуктивності.

Рекомендації щодо вибору типу засобів і класу пожеж зазначаються у таблицях маркування:

- «++» – рекомендовані типи;
- «+» – допустимі за наявності обґрунтування;
- «-» – заборонені до застосування.

У разі можливості виникнення комбінованих класів пожежі рекомендовано використовувати універсальні моделі вогнегасників із розширеною сферою дії.

Розрахунок для проектного цеху:

У зонах механічної обробки, заготовчому відділенні та на складах передбачено встановлення пожежних щитів з інтервалом 50 м. Комплектація кожного щита:

- 3 шт. вогнегасників;
- 1 покривало 2×2 м з негорючого матеріалу;
- 3 гаки;
- 2 лопати;
- 2 ломи;
- 2 сокири;
- 1 ящик з піском.

У відділеннях зберігання паливно-мастильних матеріалів та у фарбувальних камерах необхідне додаткове оснащення пересувними порошковими вогнегасниками ємністю 50 л, а також резервуарами з водою (по 1 од. на відділення).

4.2. Техніко-правові зобов'язання працівника у сфері охорони праці

Працівник відповідно до чинного трудового законодавства зобов'язаний:

- Здійснювати трудову діяльність з дотриманням вимог нормативно-правових актів у сфері охорони праці (НПАОП), включаючи державні стандарти системи управління охороною праці (ДСУОП), правила технічної експлуатації, технологічні регламенти, інструкції з охорони праці, правила експлуатації устаткування підвищеної небезпеки;
- Використовувати засоби колективного захисту (ЗКЗ) та індивідуального захисту (ЗІЗ), передбачені для відповідного виробничого процесу або технологічної операції, відповідно до вимог ДСТУ EN 365:2017 або інших актуальних технічних регламентів;
- Дотримуватись положень колективного договору, угод з питань охорони праці, трудового договору, а також вимог локальних нормативних документів підприємства (Правила внутрішнього трудового розпорядку, положення про охорону праці, інструкції з ОП на робочому місці);
- Проходити у встановлені строки попередні (при прийомі на роботу) та періодичні медичні огляди відповідно до наказу МОЗ України №246 від

21.05.2007 із внесеними змінами, згідно з Переліком робіт, що потребують професійного добору;

- Співпрацювати з роботодавцем або уповноваженою ним особою (службою охорони праці, інженером з охорони праці) у реалізації заходів, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці відповідно до СУОП (системи управління охороною праці);

- Негайно інформувати керівника структурного підрозділу або відповідальну посадову особу про будь-яку надзвичайну подію, нештатну ситуацію, несправність устаткування, що створює потенційну загрозу для життя або здоров'я працівника, колег чи навколишнього середовища;

- У разі виникнення аварійної або потенційно небезпечної виробничої ситуації припинити роботу і застосувати дії згідно з протоколом аварійного реагування.

У разі порушення працівником зазначених вимог, навіть якщо загроза стосується лише його особистої безпеки, роботодавець має право застосовувати до нього заходи дисциплінарного впливу відповідно до норм КЗпП України, включаючи позбавлення премії, оголошення догани або звільнення на підставі пункту 2 частини 1 статті 40 КЗпП — "виявлена невідповідність працівника займаній посаді або виконуваній роботі внаслідок недостатньої кваліфікації або стану здоров'я".

У випадку, якщо працівник не опанував інструкції з охорони праці або не склав залік з питань охорони праці після повторного інструктажу, за умови відсутності можливості переведення його на іншу роботу, він підлягає звільненню на підставі вищезазначених норм.

Роботодавець зобов'язаний за власний рахунок забезпечити організацію та проведення медичних оглядів для:

- осіб, що працюють на роботах з підвищеним ризиком (шкідливі, важкі, небезпечні умови праці);
- осіб, зайнятих на роботах, де необхідний професійний добір;
- працівників віком до 21 року;

- інших категорій, визначених МОЗ України за погодженням з Держпраці.

Особи, які не пройшли обов'язковий медичний огляд у встановлені строки, підлягають відстороненню від роботи без збереження заробітної плати згідно з частиною другою статті 19 Закону України «Про охорону праці». За наявності документально підтверджених поважних причин (лікарняний лист, форс-мажор) відсторонення здійснюється зі збереженням заробітної плати.

Ухилення від проходження медичного огляду, якщо він є обов'язковим за посадою, вважається порушенням трудової дисципліни та може бути підставою для дисциплінарного стягнення, включно із розірванням трудового договору.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Вісь” 28.615 застосовується як опора для роликів стрічкового конвеєра сипких матеріалів і призначена для встановлення радіального та опорного роликів на корпусі конвеєра, сприймаючи радіальне та осьове навантаження. Виготовляється із сталі 35.

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

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовки застосовується круглий прокат; токарне оброблення поверхонь виконується на токарному багатошпindelьному автоматі замість звичайного токарно-гвинторізного верстата; шліфування зовнішньої циліндричної поверхні виконується на безцентровошліфувальному автоматі замість звичайного круглошліфувального верстата; для свердління отвору під різьбу із фаскою використовується комбінований осьовий інструмент; застосовуються інструменти та технологічне оснащення для верстатів автоматів, а також із механізованим приводом затиску.

Вдосконалення технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність виготовлення деталей.

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.