

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технології виготовлення вала КС6Б-07.604” студента групи МТзс-41 ТНТУ імені Івана Пулюя Терновича Н.І. Керівник роботи - доктор техн. наук, професор Пилипець М.І.

Ключові слова: технологічний процес, токарний верстат з ЧПК, операція, шліфування, заготовка.

Мета роботи - вдосконалити типову технологію виготовлення вала КС6Б-07.604 з відповідним обґрунтуванням.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання.

У першому розділі проведено аналіз конструктивних особливостей вала КС6Б-07.604, його застосування, технічні вимоги до поверхонь, його технологічність. Детально розглянули базовий технологічний процес.

У другому розділі визначили тип виробництва середньосерійний, вибрали оптимальний варіант виготовлення заготовки – поковка. Провели синтез технологічного маршруту обробки деталі, визначили припуски та міжопераційні розміри. Провели вибір інструментів, технологічного оснащення та обладнання. Провели розрахунок режимів різання.

У третьому розділі представлено конструкцію спеціального пристрою для обробки деталі на 020 горизонтально-фрезерній операції, розраховали його точність та силові параметри.

У четвертому розділі розглянули питання безпеки життєдіяльності та основ охорони праці.

Представлено відповідні висновки та перелік посилань.

У додатка подано технологічний процес виготовлення вала КС6Б-07.604 та специфікації до графічної частини.

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. Опис конструкції пристосування для механічної обробки.
- 3.2. Розрахунок похибки пристосування
- 3.3. Розрахунок приводу пристосування

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

- 4.1. Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо зниження рівня шуму на ділянці виготовлення деталі
- 4.2. Відшкодування підприємствам і громадянам збитків, завданих за порушення вимог щодо охорони праці

Висновки

Перелік посилань

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі бакалавра вдосконалено типовий технологічний процес механічного оброблення вала КС6Б-07.604. Деталь входить до складу бурякозбирального комбайна і служить для з'єднання важелів. Виготовляється з вуглецевої сталі 45. Заготовка одержана методом кування, відповідно до типу виробництва, матеріалу, а також з умови одержання економічного ефекту.

У базовому технологічному процесі механічної обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604 на підприємстві для дрібносерійного виробництва використовуються такі основні параметри: для механічної обробки деталі використовуються універсальні налагоджувальні пристрої як технологічне оснащення; застосовується універсальне металоріжуче обладнання нормальної точності; застосування універсальних вимірювальних інструментів для контролю точності та шорсткості оброблених поверхонь; використання універсальних стандартних ріжучих інструментів для механічної обробки заготовок; концентрація операцій базового технологічного процесу відповідала серійному типу виробництва.

Для підвищення продуктивності та ефективності обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604 в проектний технологічний процес внесено такі зміни: обробка поверхонь деталі проводиться на токарних верстатах з ЧПК замість універсальних токарно-гвинторізних верстатів; використано прогресивніший і економічно ефективний спосіб виготовлення заготовки із підвищеним коефіцієнтом використання матеріалу; використано різальні інструменти із твердосплавними різальними пластинами, що кріпляться механічно, які дозволяють підвищити режими різання; використано спеціальні вимірювальні інструменти для заміру поверхонь деталі після фінішної обробки.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Вал” КС6Б-07.604 входить до складу бурякозбирального комбайна і служить для з’єднання важелів.

Відповідно до класифікатора ЄСКД [2] деталь “Вал” КС6Б-07.604 відноситься до 71 класу.

До основних поверхонь деталі, що мають важливе значення при її застосуванні віднесено такі поверхні: зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 20k6^{(+0,015}_{+0,002)}$, Ra 1,25, які забезпечують посадку підшипників кочення; зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 20h11_{(-0,13)}$; Ra 12,6; $\varnothing 40b12^{(-0,17}_{-0,42)}$; Ra 6,4; $\varnothing 35h11_{(-0,16)}$; Ra 12,6 – призначені для базування проміжних елементів конструкції, а також для встановлення компенсаційних втулок та кілець; різевий отвір M12-6H – забезпечує відповідний осьовий натяг в з’єднаннях; дві канавки $b=1,4^{+0,25}$; $\varnothing 19h11_{(-0,13)}$ – призначені для базування ущільнень.

Решта поверхонь розглядаються як допоміжні та другорядні.

Деталь “Вал” КС6Б-07.604 виготовляється з вуглецевої сталі 45 відповідно до даних, взятих із креслення деталі.

У таблицях, представлених нижче, представлено хімічний склад, механічні властивості та технологічне застосування сталі 45 [3].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад вуглецевої сталі 45, %

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

Таблиця 1.2 – Механічні властивості вуглецевої сталі 45

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	ρ , г/см ³	$a_{нв}$, Дж/см ²	НВ	
не менше						горячокатаної	відпаленої
350	610	16	40	7,8	55	217	175

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Після детального вивчення креслення деталі, точності розмірів, шорсткості поверхонь, їх взаємного розташування і точності форми кожній із поверхонь присвоєні порядкові номери та проведено аналіз технічних вимог, заданих конструктором, який представлено у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати аналізу технічних вимог “Вала” КС6Б-07.604

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1,15	Торцева поверхня 267h14 _(-1,3)	14	Ra 12,6
2	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 20h11_{(-0,13)}$	11	Ra 12,6
3	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 20k6_{(+0,015, +0,002)}$	6	Ra 1,25
4,5	Зовнішні канавки $\varnothing 19h11_{(-0,13)}$; $b=1,4^{+0,25}$	11	Ra 6,4
6	Торцева поверхня 72 \pm 0,3	14	Ra 12,6
7	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 70h14_{(-0,74)}$	14	Ra 12,6
8	Торцева поверхня 3,5h14 _(-0,30)	14	Ra 12,6
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 40b12_{(-0,17, -0,42)}$	12	Ra 6,4
10	Зовнішня фаска 30°	14	Ra 12,6
11	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h11_{(-0,16)}$	11	Ra 12,6
12,17	Фаска зовнішня 1,6 \times 45°	14	Ra 12,6
13	Отвір різевий M12-6H	12	Ra 12,6
14	Фаска внутрішня 1,6 \times 45°	14	Ra 12,6
16	Лиска 14 h15	15	Ra 12,6

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Конструкція деталі “Вал” КС6Б-07.604 не є складною і не вимагає спрощення або зміни, навіть при умові зміни типу виробництва.

Матеріал деталі сталь 45 відповідає технічним вимогам, що висунуті до деталі та умовам експлуатації вала у вузлі. Заготовка одержана з прокату, відповідно до типу виробництва, матеріалу, а також з умови одержання економічного ефекту.

Для обробки деталі не потрібні додаткові штучні технологічні бази, при цьому застосовуються зовнішні циліндричні і торцеві поверхні деталі. В якості технологічних баз використовуються стандартні цетрові отвори В 5,0. У конструкції деталі відсутні особливо точні, важкодоступні та важкооброблювані поверхні. При цьому є достатній доступ для застосування контрольних інструментів. При виготовленні деталі можливе використання високопродуктивного спеціалізованого та спеціального обладнання та оснащення. Отже, деталь є технологічною.

Кількісну оцінку технологічності деталі проведено на основі коефіцієнта точності обробки, коефіцієнта шорсткості поверхонь, коефіцієнта уніфікації.

Для визначення показників технологічності деталі “Вал” КС6Б-07.604 використано числові показники з таблиці 1.3.

Розраховуємо значення коефіцієнта точності обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604

Розраховуємо значення коефіцієнта точності обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604

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

$$T_{\text{сп}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{15 \cdot 1 + 14 \cdot 9 + 12 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 6 \cdot 1}{17} = 12,65;$$

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{12,65} = 0,92.$$

Якщо $K_{т.ч.}=0,92>0,8$, то вал КС6Б-07.604 є технологічним.

Розраховуємо значення коефіцієнта шорсткості поверхонь деталі “Вал” КС6Б-07.604

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

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{3 \cdot 13 + 4 \cdot 3 + 6 \cdot 1}{17} = 3,35,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,35} = 0,29.$$

Якщо $K_{ш}=0,29>0,16$, то вал КС6Б-07.604 є технологічним.

Розраховуємо значення коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів деталі “Вал” КС6Б-07.604

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{14}{17} = 0,82. \quad (1.3)$$

Якщо $K_{y.e.}=0,82>0,6$, то вал КС6Б-07.604 є технологічним.

На основі кількісного та якісного аналізу встановлено, що деталь “Вал” КС6Б-07.604 є технологічною і немає потреби у заміні її конструкції, точності і шорсткості поверхонь, які підлягають механічній обробці.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Для проведення аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі “Вал” КС6Б-07.604 сформовано таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі “Вал” КС6Б-07.604

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Відрізна	Фрезерно-відрізний верстат 8Г642	Пристосування універсально-збірне
010 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М	Пристосування універсально-збірне
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Повідковий патрон Повідковий хомутик Центр упорний КМ3 Центр обертовий КМ5
020 Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний верстат 2554	Пристосування універсально-збірне
025 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6Р82Г	Пристосування універсально-збірне
030 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М150	Спеціальний повідковий патрон (несамоцентрівний) самозатискний Центр упорний КМ3
035 Контроль	Стіл контролера	Універсальні вимірювальні інструменти

При розробленні базового технологічного процесу механічної обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604 на підприємстві для дрібносерійного виробництва використовуються такі основні параметри:

- використовуються універсальні налагоджувальні пристрої як технологічне оснащення для механічної обробки деталі;
- застосовується універсальне металоріжуче обладнання нормальної точності;
- для контролю точності та шорсткості оброблених поверхонь

застосування універсальних вимірювальних інструментів;

- для механічної обробки заготовок використання універсальних стандартних ріжучих інструментів;

- концентрація операцій базового технологічного процесу відповідає серійному типу виробництва.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

Деталь “Вал” КС6Б-07.604 відповідно до проведеного аналізу є технологічною, що підтверджують якісні та кількісні показники. У конструкції деталі відсутні особливо точні, важкодоступні та важкооброблювані поверхні. При цьому є достатній доступ для застосування ріжучих та контрольних інструментів.

Поставлені вимоги щодо якості поверхонь деталі “Вал” КС6Б-07.604 забезпечуються базовим технологічним процесом, при цьому внаслідок зміни типу виробництва виникає необхідність його вдосконалення.

Для підвищення продуктивності та ефективності обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604 в проектний технологічний процес необхідно внести такі зміни:

- обробку поверхонь деталі “Вал” КС6Б-07.604 доцільно проводити на токарних верстатах з ЧПК замість універсальних токарно-гвинторізних верстатів;

- використання прогресивного і економічно ефективного способу виготовлення заготовки із підвищеним коефіцієнтом використання матеріалу;

- використання різальних інструментів із твердосплавними різальними пластинами, що кріпляться механічно, які дозволяють підвищити режими різання;

- використання спеціальних вимірювальних інструментів для заміру поверхонь деталі після фінішної обробки.

Відповідно зі зміною обладнання відбудеться зміна технологічного оснащення.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва попередньо визначено на основі завдання, річної програми випуску $N = 25000$ шт. та маси деталі “Вал” КС6Б-07.604 $m=1,3$ кг із стандартних таблиць, при цьому на основі цих даних тип виробництва – середньосерійний.

Для розрахунку типу виробництва також використано розрахунково-аналітичний метод.

Тип виробництва визначено за коефіцієнтом закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.1)$$

де ΣO – сумарна кількість операцій на дільниці;

ΣP – сумарна кількість робочих місць на дільниці.

Дані базового технологічного процесу записано в таблицю 2.1.

Отже, попередній тип виробництва – середньосерійний.

Остаточо визначаємо тип виробництва розрахунково-аналітичним методом, виконавши наступні дії.

Записуємо дані по існуючому (базовому) технологічному процесу в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Трудозатрати базового технологічного процесу

Операція	(Т шт.к)	Операція	(Т шт.к)
1	2	3	4
005 Відрізна	1,28 хв.	020 Радіально-свердлильна	1,345 хв.
010 Фрезерно-центрувальна	0,81 хв.	025 Горизонтально-фрезерна	0,3 хв.
015 Токарно-гвинторізна	12,76 хв.	030 Круглошліфувальна	0,212 хв.

Визначаємо кількість верстатів для кожної операції згідно [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.2)$$

де N – річна програма, шт. $N = 45000$ шт., $F_d = 3979$ годин для двох змін, $\eta_{зн} = 0,75$ для серійного типу виробництва.

Після визначення кількості верстатів для кожної операції m_p , визначаємо кількість робочих місць P , як цілі числа

$$m_{p005} = \frac{25000 \cdot 1,28}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,16. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{25000 \cdot 0,81}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,1. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{25000 \cdot 12,76}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,67. P_{015} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p020} = \frac{25000 \cdot 1,345}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,18. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{25000 \cdot 0,3}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,039. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{25000 \cdot 0,212}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,028. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.3)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,16}{1} = 0,16.$$

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

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{1,76}{2} = 0,88.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,18}{1} = 0,18.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,039}{1} = 0,039.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,028}{1} = 0,028.$$

Розраховуємо кількість операцій на робочому місці, заокруглюючи до цілого числа [1]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (2.4)$$

$$O_{005} = \frac{0,8}{0,16} = 6,0. \quad O_{005} = 6 \text{ операцій.}$$

$$O_{010} = \frac{0,8}{0,1} = 8,0. \quad O_{010} = 8 \text{ операцій.}$$

$$O_{015} = \frac{0,8}{0,88} = 0,9. \quad O_{015} = 1 \text{ операція.}$$

$$O_{020} = \frac{0,8}{0,18} = 4,44. \quad O_{020} = 5 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,8}{0,039} = 20,5. \quad O_{025} = 21 \text{ операція.}$$

$$O_{030} = \frac{0,8}{0,028} = 28,6. \quad O_{030} = 29 \text{ операцій.}$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$ за формулою (2.1):

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{70}{7} = 10.$$

Отже, на основі розрахунково-аналітичного методу тип виробництва середньосерійний.

Такт випуску t_B [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N}, \quad (2.5)$$

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{25\,000} = 9,55 \text{ хв.}$$

Величина оптимальної партії деталей [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.6)$$

$$n = \frac{25000 \cdot 5}{257} = 486,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо 486 шт.

Розрахункова кількість змін на обробку всієї партії деталей [1]:

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.сп.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8}, \quad (2.7)$$

де C – кількість змін;

$T_{\text{шт.к.сп.}}$ – середній штучно-калькуляційний час;

$$T_{\text{шт.к.сп.}} = \frac{\sum_{i=1}^T T_{\text{шт.к.і}}}{\sum_{i=1}^T O_i}, \quad (2.8)$$

$$T_{\text{шт.к.сп.}} = \frac{1,28 + 0,81 + 8,76 + 1,345 + 0,3 + 0,212}{6} = 2,12 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.сп.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{2,12 \cdot 486}{476 \cdot 0,8} = 2,7 \text{ зміни.}$$

Приймаємо $C_{\text{спр}} = 2$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії [1]:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{\text{пр.}}}{T_{\text{шт.к.ср.}}}, \quad (2.9)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{2,12} = 360 \text{ шт.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Для одержання заготовки деталі “Вал” КС6Б-07.604 проведено порівняння двох методів:

– перший метод – прокат гарячекатаний круглий діаметром 75 мм зі сталі 45 з якістю поверхні 2ГП. Довжина прутка 3 м. Різання прокату на штучні заготовки здійснюється на фрезерно-відрізному верстаті. Позначення прокату в конструкторській документації:

$$\text{Круг} \frac{\text{В – П – КД – 75 ГОСТ2590 – 88}}{45 – 2ГП – М1 ГОСТ1050 – 88} [3].$$

– другий метод – поковка, одержана вільним куванням на молотах.

Згідно [7] поковка відноситься до першої групи. За даними [7] назначаємо припуски й граничні відхилення.

Розрахункові загальні табличні припуски представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Загальні припуски і розміри заготовки

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) Круг $\frac{B - II - KD - 75 \text{ ГОСТ} 2590 - 88}{45 - 2ГП - M1 \text{ ГОСТ} 1050 - 88}$				
Торцева поверхня 267h14 _(-1,3)	Ra 12,6	0,8	3,5 × 2 = 7,0	274±0,4
Зовнішня циліндрична поверхня Ø70h14 _(-0,74)	Ra 12,6	1,6	2,5 × 2 = 5,0	Ø75 ^{+0,5} _{-1,1}
2) поковка, що виготовляється вільним куванням на молотах				
Торцева поверхня 267h14 _(-1,3)	Ra 12,6	10,0	8,75 × 2 = = 17,5	284,5±5,0
Зовнішня циліндрична поверхня Ø70h14 _(-0,74)	Ra 12,6	4,0	3,5 × 2 = = 7,0	Ø77±2,0
Зовнішня циліндрична поверхня Ø20h11 _(-0,13)	Ra 12,6	4,0	3,0 × 2 = 6,0	Ø26±2,0
Зовнішня циліндрична поверхня Ø40b12 _(-0,17) _(-0,42)	Ra6,4	4,0	3,0 × 2 = 6,0	Ø46±2,0
Торцева поверхня 72±0,3	Ra 12,6	8,0	5,25	66,75±4,0
Торцева поверхня 3,5h14 _(-0,30)	Ra 12,6	6,0	5,25	8,75±3,0

Технологічні витрати матеріалу на деталь із прокату:

– через неkratності довжини прокату:

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

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

x – кількість заготовок на одному прутку, шт.;

$$x = \frac{L_{\text{пр.}}}{L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}}, \quad (2.11)$$

де $L_{\text{заг.}}$ – довжина заготовки з припусками на підрізання торців (2а); $2а = 7$ мм

[7];

$$L_{\text{заг.}} = L_{\text{дет.}} + 2a, \quad (2.12)$$

$L_{\text{р.}} = 12,5$ мм – ширина різну інструмента – дискової пили діаметром 1430 мм

[6];

Тоді, довжина заготовки із припусками на підрізання торців:

$$L_{\text{заг.}} = 267 + 7 = 274 \text{ мм.}$$

Тоді кількість заготовок на одному прутку:

$$x = \frac{3000}{274 + 12,5} = 10,5 \text{ шт.}$$

Приймаємо 10 шт.

Витрати матеріалу на деталь через неkratності довжини прокату:

$$L_{\text{нк.}} = 3000 - 10 \cdot (274 + 12,5) = 135 \text{ мм.}$$

Розраховуємо розхід матеріалу на заготовку:

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{Q_1 \cdot (100 + B_{\text{заг.}})}{100}, \quad (2.13)$$

$$Q = V_3 \cdot \rho, \quad (2.14)$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (2.15)$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 75^2 \cdot 274}{4} = 1209881,25 \text{ мм}^3 = 1209,9 \text{ см}^3$$

$$Q_1 = 1209,9 \cdot 7,85 = 9497,7 \text{ г} \approx 9,5 \text{ кг.}$$

Розраховуємо загальні витрати матеріалу прокату (%):

$$B_{\text{заг.}} = B_{\text{нк.}}, \quad (2.16)$$

де $B_{\text{заг.}}$ – загальні витрати матеріалу (%);

$B_{\text{нк.}}$ – витрати матеріалу через неkratність, (%);

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(L_{\text{нк.}} \cdot 100)}{L_{\text{пр.}}}, \quad (2.17)$$

Витрати матеріалу через неkratність:

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(135 \cdot 100)}{3000} = 4,5\%.$$

Розраховуємо розхід матеріалу на заготовку:

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{9,5 \cdot (100 + 4,5)}{100} = 9,93 \text{ кг.}$$

Об'єм заготовки для другого методу - поковки.

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 26^2 \cdot 75,5}{4} = 40064,8 \text{ мм}^3 = 40,065 \text{ см}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 77^2 \cdot 14}{4} = 65159,7 \text{ мм}^3 = 65,16 \text{ см}^3.$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 46^2 \cdot 195}{4} = 323906,7 \text{ мм}^3 = 323,907 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{заг2}} = V_1 + V_2 + V_3, \quad (2.18)$$

$$V_{\text{заг}} = 40,065 + 65,16 + 323,907 = 429,13 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки:

$$Q_2 = 429,13 \cdot 7,85 = 3368,7 \text{ г} \approx 3,37 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

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

де $q = 1,3$ кг – маса деталі;

- для прокату:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{1,3}{9,93} = 0,13.$$

– для поковки:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{1,3}{3,37} = 0,39.$$

Для розроблення технологічного процесу виготовлення вала вибираємо метод отримання заготовки куванням через вищий коефіцієнт використання матеріалу.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Для вибору раціонального технологічного маршруту механічного оброблення деталі порівнюємо два варіанти із таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Методи обробки поверхонь деталі

№ 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
1,15	Торцева поверхня 267h14 _(-1,3)	14	Ra 12,6	1.Фрезерування чорнове торцевою фрезою одночасно 2. Центрування центрових отворів одночасно	1.Підрізання однократне послідовно 2. Центрування центрових отворів послідовно
2	Зовнішня циліндрична поверхня Ø20h11 _(-0,13)	11	Ra 12,6	1.Точіння чорнове поздовжнє 2. Точіння напівчистове поздовжнє	
3	Зовнішня циліндрична поверхня Ø20k6 _(^{+0,015}/_{+0,002})	6	Ra 1,25	1.Точіння чорнове поздовжнє 2. Точіння напівчистове поздовжнє 3. Шліфування кругле напівчистове 4. Шліфування кругле чистове	1.Точіння чорнове поздовжнє 2. Точіння напівчистове поздовжнє 3. Точіння чистове поздовжнє 4. Точіння тонке поздовжнє
4,5	Зовнішні канавки Ø19h11 _(-0,13) ; b=1,4 _{+0,25}	11	Ra6,4	Точіння при поперечній подачі	
6	Торцева поверхня 72±0,3	14	Ra 12,6	Точіння при поперечній подачі	
7	Зовнішня циліндрична поверхня Ø70h14 _(-0,74)	14	Ra 12,6	1.Точіння однократне поздовжнє	
8	Торцева поверхня 3,5h14 _(-0,30)	14	Ra 12,6	Точіння при поперечній подачі	

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 40b12_{(-0,17)}^{(-0,42)}$	12	Ra 6,4	1.Точіння чорнове поздовжнє 2. Точіння напівчистове поздовжнє	
10	Зовнішня фаска 30°	14	Ra 12,6	Точіння однократне поздовжнє	
11	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h11_{(-0,16)}$	11	Ra 12,6	1.Точіння чорнове поздовжнє 2. Точіння напівчистове поздовжнє	
12,17	Фаска зовнішня 1,6×45°	14	Ra 12,6	Точіння однократне поздовжнє	
13	Отвір різевий M12-6H	12	Ra 12,6	1. Центрування 2. Свердління 3. Нарізання різі мітчиком	1.Свердління по кондуктору 2. Нарізання різі мітчиком
14	Фаска внутрішня 1,6×45°	14	Ra 12,6	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом
16	Лиска 14H15	15	Ra 12,6	Фрезерування однократне	

Записуємо структуру маршруту обробки деталі “Вал” КС6Б-07.604.

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

1. Фрезерувати торці 1, 15 одночасно за два проходи.
2. Центрувати центрові отвори.
3. Зняти деталь.

Операція 010 Токарна з ЧПК.

1. Точити остаточно поверхню 7, витримуючи розмір $\varnothing 70_{-0,74}$.
2. Точити попередньо поверхню 9 з підрізкою торця 8, витримуючи розміри $\varnothing 41_{-0,62}$; $10_{-0,30}$.

3. Точити попередньо поверхню 11, витримуючи розмір $\varnothing 35,9_{-0,62}$; $124,7 \pm 0,5$.

4. Точити остаточно поверхні 12, 11, 10, 9 з підрізкою торця 8 послідовно по програмі, витримуючи розміри $1,6 \times 45^\circ$; $\varnothing 35_{-0,16}$; 30° ; $\varnothing 40_{-0,42}^{-0,17}$; $8,75_{-0,30}$.

5. Зняти деталь.

6. Перевірити розміри: $\varnothing 70_{-0,74}$; $1,6 \times 45^\circ$; $\varnothing 35_{-0,16}$; 30° ; $\varnothing 40_{-0,42}^{-0,17}$; $3,5_{-0,30}$.

Контроль 30 %.

Операція 015 Токарна з ЧПК.

1. Точити попередньо поверхні 2, 3 з підрізкою торця 6, витримуючи розміри $\varnothing 21_{-0,52}$; $70,75 \pm 0,3$.

2. Точити остаточно поверхні 17, 2, 3 з підрізкою торця 6 послідовно по програмі, витримуючи розміри $1,6 \times 45^\circ$; $\varnothing 20_{-0,13}$; $24 \pm 0,2$; $\varnothing 20,17_{-0,13}$; $72 \pm 0,3$.

3. Точити остаточно канавки 4, 5 послідовно по програмі, витримуючи розміри $1,4^{+0,25}$; $\varnothing 19_{-0,13}$; $24 \pm 0,2$; $39 \pm 0,3$.

4. Зняти деталь.

5. Перевірити розміри: $1,6 \times 45^\circ$; $\varnothing 20_{-0,13}$; $24 \pm 0,2$; $\varnothing 20,17_{-0,13}$; $72 \pm 0,3$; $1,4^{+0,25}$; $\varnothing 19_{-0,13}$; $24 \pm 0,2$; $39 \pm 0,3$.

Контроль 30 %.

Операція 020 Горизонтально-фрезерна.

1. Фрезерувати дві лиски 16 одночасно.

2. Зняти деталь.

Операція 025 Круглошліфувальна.

1. Шліфувати попередньо поверхню 3.

2. Шліфувати остаточно поверхню 3.

3. Зняти деталь.

Операція 030 Радіально-свердлильна.

1. Свердлити отвір під різь 13.

2. Зенкувати фаску 14.
3. Нарізати різь 13.
4. Зняти деталь.

Операція 035 Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Результати розрахунку припусків для механічної обробки поверхонь деталі “Вал” КС6Б-07.604 представлено в таблиці 2.5.

Схему графічного розташування припусків для поверхні $\varnothing 20k6$ представлено рис. 2.3.

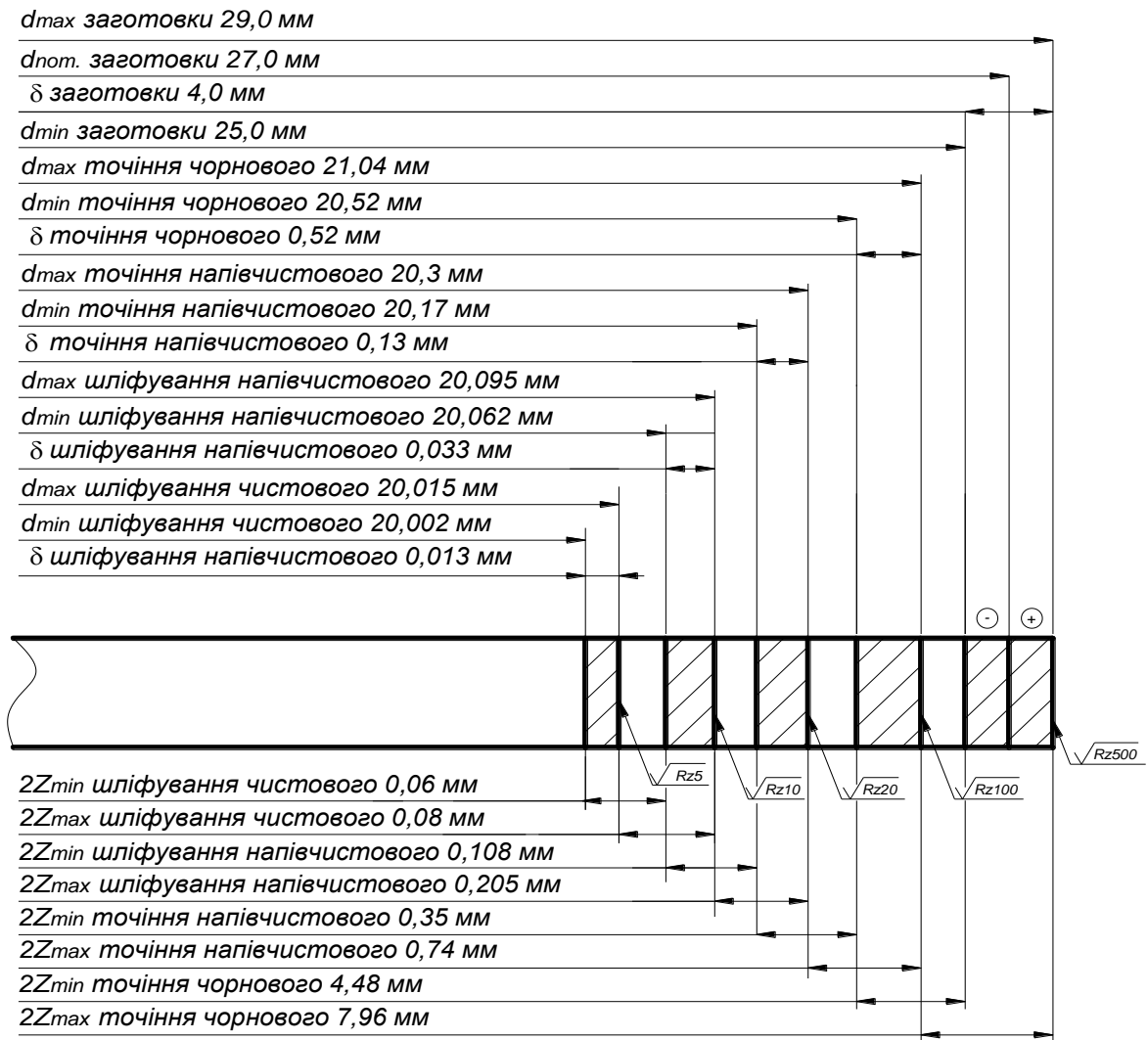


Рисунок 2.3 – Схема графічного розташування припусків для поверхні $\varnothing 20k6$

Таблиця 2.5 – Розрахункові припуски на механічну обробку деталі
“Вал” КС6Б-07.604

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 267h14 _(-1,3)					
Фрезерування	14	Ra 12,6	1,3	4,0 × 2 = 8,0 4,75 × 2 = 9,5	267 _{-1,3} 275 _{-1,3}
Заготовка	–	Rz 500	10,0	8,75 × 2 = = 17,5	284,5±5,0
Торцева поверхня 72±0,3					
Точіння поперечною подачею	14	Ra 12,6	0,6	1,25	72±0,3
Точіння поперечною подачею	14	Ra 12,6	0,6	4,0	70,75±0,3
Заготовка	–	Rz 500	8,0	5,25	66,75±4,0
Торцева поверхня 3,5h14 _(-0,30)					
Точіння поперечною подачею	14	Ra 12,6	0,3	1,25	3,5 _{-0,30}
Точіння поперечною подачею	14	Ra 12,6	0,3	4,0	4,75 _{-0,30}
Заготовка	–	Rz 500	6,0	5,25	8,75±3,0
Зовнішня циліндрична поверхня Ø20h11 _(-0,13)					
Точіння поздовжнє напівчистове	11	Ra 12,6	0,13	0,5 × 2 = 1,0	Ø20 _{-0,13}
Точіння поздовжнє чорнове	14	Rz 100	0,52	3,0 × 2 = 6,0	Ø21 _{-0,52}
Заготовка	–	Rz 500	4,0	3,5 × 2 = 7,0	Ø27±2,0

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 40b12_{(-0,42)}^{-0,17}$					
Точіння поздовжнє напівчистове	11	Ra 6,4	0,25	$0,5 \times 2 = 1,0$	$\varnothing 40_{(-0,42)}^{-0,17}$
Точіння поздовжнє чорнове	14	Rz 100	0,62	$2,5 \times 2 = 5,0$	$\varnothing 41_{-0,62}$
Заготовка	–	Rz 500	4,0	$3,0 \times 2 = 6,0$	$\varnothing 46 \pm 2,0$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 70h14_{(-0,74)}$					
Точіння поздовжнє чорнове	14	Ra 12,6	0,74	$3,5 \times 2 = 7,0$	$\varnothing 70_{-0,74}$
Заготовка	–	Rz 500	4,0	–	$\varnothing 77 \pm 2,0$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35h11_{(-0,16)}$					
Точіння поздовжнє напівчистове	11	Ra 12,6	0,16	$0,45 \times 2 = 0,9$	$\varnothing 35_{-0,16}$
Точіння поздовжнє чорнове	14	Rz 100	0,62	$2,55 \times 2 = 5,1$	$\varnothing 35,9_{-0,62}$
Заготовка (попередньо оброблена поверхня)	14	Rz 100	0,62	$3,0 \times 2 = 6,0$	$\varnothing 41_{-0,62}$

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання виконуємо розрахунково-аналітичним методом

010 Токарна з ЧПК.

Перехід 2.

Точити остаточно поверхню 7, витримуючи розмір $\varnothing 70_{-0,74}$; Ra 12,6.

Інструмент - різець для контурного точіння, Т5К10, 25×25, тип 5, $\varphi=93^\circ$

1. Визначаємо глибину різання: $t = 3,5$ мм .

2. Визначаємо довжину робочого ходу для розточування отвору в упор за формулою:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{пер.}, \quad (2.20)$$

$$l_{різ.} = 15,3 \text{ мм};$$

$$l_{підв.} = 1,5 \text{ мм [10].}$$

$$l_{вріз.} = 3 \text{ мм [10].}$$

$$l_{пер.} = 2 \text{ мм [10].}$$

Підставляємо у формулу (2.20) знайдені значення:

$$L_{p.x.} = 15,3 + 1,5 + 3 + 2 = 21,8 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо подачу: $S = 0,5 \text{ мм/об [20].}$

4. Визначаємо стійкість різця: $T = 60 \text{ хв [6].}$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.21)$$

де $C_v = 350$, $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; – показники степені [20].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{пв}, \quad (2.22)$$

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.23)$$

де $K_{\Gamma} = 1,0$, $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$, $n_v = 1,0$ [6].

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^{1,75} = 1,44.$$

$K_{пв} = 0,8$ [6]; $K_{пв} = 0,65$ [6].

Підставляємо у формулу (2.22) отримані значення:

$$K_v = 1,44 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,75 .$$

Отримаємо значення швидкості різання:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,75 = \frac{350 \cdot 0,75}{2,268 \cdot 1,2 \cdot 0,78} = 123,7 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (2.24)$$

де $V = 123,7 \text{ м/хв}$, $d = 70 \text{ мм}$;

$$n = \frac{1000 \cdot 123,7}{\pi \cdot 70} = 563 \text{ хв}^{-1}.$$

6. Приймаємо частоту обертання шпинделя: $n_d = 560 \text{ хв}^{-1}$.

7. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (2.25)$$

$$V_d = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 560}{1000} = 123 \text{ м/ хв.}$$

8. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.26)$$

де $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ показники степені [20];

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фp} \cdot K_{γp} \cdot K_{λp} \cdot K_{гp}, \quad (2.27)$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n, \quad (2.28)$$

де $\sigma_{\text{в}} = 610$ МПа, $n = 0,75$ [20].

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,856.$$

$$K_{\text{р}} = 0,856 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,66.$$

Отримаємо значення сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 123^{-0,15} = 10 \cdot 300 \cdot 3,5 \cdot 0,595 \cdot 0,48 \cdot 0,66 = 2003 \text{ Н.}$$

9. Визначаємо потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.29)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{2003 \cdot 123}{1020 \cdot 60} = 4,03 \text{ кВт.}$$

10. Перевіряємо потужність приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (2.30)$$

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.31)$$

де $N_{\text{д}}$ верстата мод. 16К20Ф3 – 10 кВт; $\eta = 0,8$.

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

$$N_{\text{різ}} = 4,03 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт.}$$

Отже, обробка можлива.

11. Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n}, \quad (2.32)$$

$$T_o = \frac{21,8}{0,5 \cdot 560} = 0,078 \text{ хв.}$$

Перехід 3

Точити попередню поверхню 9 з підрізкою торця 8, витримуючи розміри $\varnothing 41_{-0,62}; 10_{-0,30}$.

Різець для контурного точіння Т5К10, 25×25, тип 5, $\varphi=93^\circ$.

1. Визначаємо глибину різання: $t = 2,5$ мм.

2. Визначаємо довжину робочого ходу (2.20):

$$l_{\text{різ.позд.}} = 190,25 \text{ мм}; l_{\text{різ.поп.}} = 14,5 \text{ мм};$$

$$l_{\text{підв.}} = 1,5 \text{ мм [10].}$$

$$l_{\text{вріз.}} = 3 \text{ мм [10].}$$

$$l_{\text{пер.}} = 2 \text{ мм [10].}$$

$$L_{p.x.} = 190,25 + 14,5 + 1,5 + 3 + 2 = 209,25 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо подачу різця [11]:

$$S_o = 0,4 \cdot 1,15 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,3 \text{ мм/об.}$$

4. Визначаємо період стійкості [11] $T_M = 60$ хв.

5. Визначаємо швидкість різання [11]:

$$V_o = 171 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 72,5 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо частоту обертання шпинделя (2.24):

Продовження таблиці 2.6

Точити остаточно поверхні 17, 2, 3 з підрізкою торця 6 послідовно по програмі, витримуючи розміри 1,6×45°; Ø20 _{-0,13} ; 24±0,2; Ø20,17 _{-0,13} ; 72±0,3	1,6 0,5 0,35 1,25	103,4	1	62	0,3	562	35,1 7	169	0,615	3,8
Перехід 4 Точити остаточно канавки 4, 5 послідовно по програмі, витримуючи розміри 1,4 ^{+0,25} ; Ø19 _{-0,13} ; 24±0,2; 39±0,3	0,5	3,0	2	47	0,5	562	97	282	0,02	2,8
Перехід 5										
020 Горизонтально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати дві лиски 16 одночасно, витримуючи розмір 14 _{-0,7}	3,0	114	1	122	0,1 мм/ зуб	902	285	722	0,16	6,3
Операція 025 Круглошліфувальна										
Перехід 2 Шліфувати попередньо поверхню 3, витримуючи розміри Ø20,062 _{-0,033}	0,05 4	68	1	–	S _п = =0,025 мм/об S _о = 24 мм/об	190	V _{с.кол.} 12 м/хв V _{с.позд} 3 м/хв	–	0,032	8,3
Перехід 3 Шліфувати остаточно поверхню 14, витримуючи розміри Ø20k6 ^(+0,015) _(+0,002)	0,03	68	1	–	S _п = =0,005 мм/об S _о = 16 мм/об	480	V _{с.кол.} 30 м/хв V _{с.позд} 5 м/хв	–	0,074	–
030 Радіально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити отвір під різь 13, витримуючи розміри Ø10,2 ^{+0,27} ; l=34	5,1	38	1	27	0,18	782	25	140,5	0,27	0,62

Закінчення таблиці 2.6

Перехід 3										
Зенкувати фаску 14, витримуючи розмір 1,6×45°	1,6	5,1	1	32	0,05	232	14,5	11,5	0,44	0,33
Перехід 4 Нарізати різь 13, витримуючи розмір M12-6H	0,07 1	35,2 5	1	62	1,75	282	10,55	492	0,072	0,53

Технічні норми часу визначаємо на 010 операцію з ЧПК розрахунково-аналітичним методом.

Норма штучного часу

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп}}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), \quad (2.34)$$

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о.а.}} + T_{\text{доп.а.}}, \quad (2.35)$$

$T_{\text{о.а.}}$ – основний час автоматичної роботи верстата;

$$T_{\text{о.а.}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_{\text{хв.і}}}, \quad (2.36)$$

$T_{\text{доп.а.}}$ – допоміжний автоматичний час;

$$T_{\text{доп.а.}} = T_{\text{доп.а.і}} + T_{\text{доп.а.х.х.}}, \quad (2.37)$$

$T_{\text{доп.а.і}}$ – машино-допоміжний час;

$$T_{\text{доп.а.і}} = (T_{\text{пов.}} + T_{\text{фікс.}}) \cdot K, \quad (2.38)$$

де $T_{\text{пов.}} = 1 \text{ с.} = 0,016 \text{ хв}$

$T_{\text{доп.а.х.х.}}$ – час автоматичних допоміжних ходів

$$T_{\text{доп.а.х.х.}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{\text{х.х.}i}}{S_{\text{хв.приск.}}}, \quad (2.39)$$

$T_{\text{доп.}}$ – допоміжний час ручної роботи;

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{доп.уст.}} + T_{\text{доп.пер.}} + T_{\text{доп.вим.}}, \quad (2.40)$$

$$K = \alpha_{\text{тех.обслуг.}} + \beta_{\text{орг.обслуг.}} + \gamma_{\text{відп.}}, \quad (2.41)$$

010 Токарна з ЧПК.

1. Визначаємо основний час автоматичної роботи:

$$T_{\text{о.а.}} = 0,078 + 1,246 + 0,77 + 1,16 = 3,956 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо складові допоміжного автоматичного часу (2.37).

– Машино-допоміжний час:

$$T_{\text{доп.а.і}} = (0,016 + 0,016) \cdot 2 = 0,064 \text{ хв.}$$

– час на виконання автоматичних допоміжних ходів:

$$T_{\text{доп.а.х.х.}} = \frac{462 + 294,74 + 237,47 + 301,42}{5000} = \frac{1295,63}{5000} = 0,259 \text{ хв.}$$

Отже, допоміжний автоматичний час:

$$T_{\text{доп.а.}} = 0,064 + 0,259 = 0,323 \text{ хв.}$$

3. Час циклу автоматичної роботи верстата:

$$T_{\text{ц.а.}} = 3,956 + 0,323 = 4,279 \text{ хв.}$$

– 4. Визначаємо допоміжний час ручної роботи:

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

4.3. Час на контрольні виміри $T_{\text{доп.вим.}}$:

– $8,75_{-0,30}; 129 \pm 0,5 - t_{1в} = 0,14$ хв. [13];

– $1,6 \times 45^\circ; 30^\circ - t_{2в} = 0,23$ хв. [13];

– $\varnothing 35_{-0,16}; \varnothing 40_{-0,42}^{-0,17}; \varnothing 70_{-0,74} - t_{3в} = 0,21$ хв. [13];

$$T_{\text{доп.вим.}} = \sum t_{iв} = 0,14 + 0,23 + 0,21 = 0,58 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 0,58 \cdot 0,3 = 0,174 \text{ хв.}$$

Тоді, допоміжний час складе:

$$T_{\text{доп.}} = 0,17 + 0,5 + 0,174 = 0,844 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час

$$T_{\text{оп.}} = 4,297 + 0,844 = 5,141 \text{ хв.}$$

$$K = \alpha_{\text{тех.обслуг.}} + \beta_{\text{орг.обслуг.}} + \gamma_{\text{відп.}} = 7 \cdot 5,141 = 35,987.$$

6. Визначаємо норму штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 5,141 \cdot \left(1 + \frac{35,987}{100}\right) = 6,99 \text{ хв.}$$

8. Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.35)$$

Визначаємо підготовчо-заключний час [13]:

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}} + T_{\text{пробн.}}, \quad (2.36)$$

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}} + T_{\text{пробн.}} = 17 + 6,85 + 5,94 = 29,8 \text{ хв.}$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Опис конструкції пристосування для механічної обробки

Пристосування спроектоване для закріплення деталі “Вал” КС6Б-07.604 під час обробки на 020 горизонтально-фрезерній операції на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р82Г з максимальним доступом до оброблюваних поверхонь з верхньої сторони.

Для виконання поставлених технологічних завдань, передбачених в технологічному процесі на виготовлення даної деталі, остання базується в пристосуванні по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 40 \begin{pmatrix} -0,17 \\ -0,42 \end{pmatrix}$ мм у затискній цанзі та по торцю 267_{-1,3}.

Пристосування складається з наступних елементів: нижнього корпуса 1 в нижньому торці якого виконано два пази для закріплення пристосування до стола горизонтально-фрезерного верстата та верхнього корпуса 2, що з'єднані між собою гвинтами 22. В отворі нижнього корпуса 1 за допомогою гвинтів 23 закріплено пневмокамеру із кришкою 3 та тканинною прорезиненою діафрагмою 6. На останній по центрі встановлено штовхач 4, на торці якого розміщено три штовхачі 5, що мають можливість вертикального руху вздовж вісей втулок 16, які запресовано в диску 7. Верхні сферичні частини штовхачів 6 є у взаємодії із стаканом 12, конічний внутрішній отвір якої спряжений із цангою 14, яка загвинчена на диску 7. Для захисту від попадання стужки в пази цанги встановлено ковпак 15. Стакан 12 підпружинений через шарики 25 пружинами стиску 10.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному: деталь встановлюють торцем на диск 7 в цангу 14. Після цього через систему управління вмикають подачу повітря через штуцер 17 у нижню частину кришки 3, за рахунок чого відбувається переміщення діафрагми 6 із штоком 4 вгору. Останній передає

зусилля на штовхачі 5, які піднімають стакан 12 в напрямляючій сталевій гільзі 11. Піднімаючись, стакан 12 конусним отвором стискає конус цанги 14, оброблювана деталь при цьому закріплюється.

Після завершення циклу обробки за допомогою системи управління відключають подачу повітря. При цьому пальці 8 під дією пружин 10 через кульки 25, повертають стакан 12, штовхачі 5, штовхач 4 та діафрагму 6 у вихідне положення, внаслідок чого відбувається розтиск деталі.

Обробку наступних деталей здійснюють аналогічно до попередньої.

3.2. Розрахунок похибки пристосування

Похибка установки деталі “Вал” КС6Б-07.604 в пристрої [9].

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{пр}^2}, \quad (3.1)$$

де $\Delta\varepsilon_6$, $\Delta\varepsilon_3$, $\Delta\varepsilon_{пр}$ – похибки базування, закріплення та конструкції пристосування відповідно.

Умова забезпечення точності розмірів при фрезеруванні лисок в розмір 14-0,7 висотою 10мм із застосуванням пристосування:

$$\Delta\varepsilon_y \leq \Delta\varepsilon_{у.доп.}, \quad (3.2)$$

де $\Delta\varepsilon_{у.доп.}$ – допустима похибка установки.

Тобто, похибка установки розраховується для конкретного розміру, що отримується на даній операції.

На 020 горизонтально-фрезерній операції проводиться фрезерування лисок в розмір 14-0,7 висотою 10мм. Приводимо розрахункову схему для розрахунку похибки установки на горизонтально-фрезерній операції 020 при закріпленні деталі в цанзі.

Точність розміру ширини лиски 14_{-0,7} залежить від точності інструменту, Тому похибка $\Delta\epsilon_y = 0$ на цей розмір.

Похибка установки буде складати на розмір 10мм. Оскільки конструкторська база і технологічна не співпадають, похибка базування дорівнює допуску розміру на загальну довжину вала $\Delta\epsilon_{62} = 1,3\text{мм}$.

Похибка закріплення [12] С.80: $\epsilon_3 = 0,070$ мкм. при установці деталі на цангу.

Похибка пристосування в інженерних розрахунках $\epsilon_{пр} = 150$ мкм.

Тоді похибка установки деталі “Вал” КС6Б-07.604 в пристрої:

$$\Delta\epsilon_{y2} = \sqrt{0^2 + 70^2 + 150^2} = 165 \text{ мкм} = 0,165 \text{ мм}.$$

Допустима похибка установки $\Delta\epsilon_{y,\text{доп}}$ при виконанні розміру 14_{-0,7}:

$$\Delta\epsilon_{y,\text{доп}} = \delta, \quad (3.3)$$

де δ – допуск на розмір 14_{-0,7}, $\delta = 0,7$ мм.

Отже, $\Delta\epsilon_{y14} = 0,165 \text{ мм} < \Delta\epsilon_{y,\text{доп}} = 0,7 \text{ мм}$., відповідно фрезерування лисок 14_{-0,7} можливе із заданою точністю.

3.3. Розрахунок приводу пристосування

Для встановлення необхідних сил затиску деталі “Вал” КС6Б-07.604 на 020 горизонтально-фрезерній операції розроблено розрахункову схему під час фрезерування лисок.

Умова забезпечення стійкого положення заготовки при фрезеруванні:

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}}, \quad (3.4)$$

де K - коефіцієнт запасу.

$M_{\text{різ}}$, $M_{\text{тр}}$ - відповідно момент різання і момент тертя.

Момент різання:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot R_3, \quad (3.5)$$

де P_z – сила різання, Н;

$R_3=7$ мм – радіус, на якому проводять фрезерування.

Момент тертя:

$$\sum M_{\text{тр}} = Q \cdot R \cdot f_1 \quad (3.6)$$

де Q – сила затиску, Н; $f_1=0,2$;

$R=20$ мм – радіус затиску заготовки цангою.

Після перетворень одержано:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot R_3}{f_1 \cdot R}. \quad (3.7)$$

Сила різання при фрезеруванні лиски [20]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (3.8)$$

Поправочний коефіцієнт [6]:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (3.9)$$

$\sigma_B = 550$ МПа; $n = 0,3$ [6];

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,3} = 0,9 \text{ [6]}.$$

Згідно таблиць [6] і режимів різання:

$$t = 3,0 \text{ мм};$$

$$S_z = 0,1 \text{ мм/зуб};$$

$$B = 10 \text{ мм};$$

$$z = 2;$$

$$D = 100 \text{ мм};$$

$$n = 900 \text{ хв}^{-1};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 10^{1,1} \cdot 2}{100^{1,1} \cdot 900^{0,1}} \cdot 0,9 = 80,51 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт запасу визначається згідно [6]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6. \quad (3.10)$$

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,12.$$

Із формули (3.7) одержимо:

$$Q = \frac{3,12 \cdot 80,51 \cdot 7}{0,2 \cdot 20} = 439,6 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову стабільного затиску деталі під час обробки:

$$Q \leq W \cdot i - F_o, \quad (3.11)$$

де W – сила дії пневмоциліндра;

i – передаточне відношення;

F_o – сила опору, Н.

Передаточне відношення силового механізму:

$$W = \frac{F_{шт}}{\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)} - Q_1 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) - 3F_n, \quad (3.12)$$

де $\alpha = 28^\circ$. $\varphi = 8^\circ$ [16];

F_n – сила стиснення пружини, Н, $F_n = 50$ Н.

Силу стискання пелюстка цанги [14]:

$$Q_1 = 0,17 \cdot 10^3 \frac{t \cdot d^3 \cdot S_{\max}}{l^3}, \quad (3.13)$$

де $l = 48$ мм; $t = 5$; $d = 60$ мм; $S_{\max} = 0,08 \dots 0,12$ мм [15]. Приймаємо

$S_{\max} = 0,1$.

Тоді

$$Q_1 = 0,17 \cdot 10^3 \frac{5 \cdot 60^3 \cdot 0,1}{48^3} = 166 \text{ Н.}$$

Нами вибрана пневмокамера односторонньої дії з діаметром робочої частини діафрагми $D = 164$ мм, діаметром штоку $d = 105$ мм.

Тягова сила на штоці пневмокамери [14]:

$$F_{шт} = \frac{\pi}{16} \cdot (D + d)^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.14)$$

де $D = 0,164$ м; $d = 0,105$ м; $p = 0,4$ МПа = $0,4 \cdot 10^6$ Па; $\eta = 0,9$. [14]

Тоді

$$F_{шт} = \frac{3,14}{16} \cdot (0,164 + 0,105)^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 5112 \text{ Н.}$$

$$W = \frac{5112}{\operatorname{tg}\left(\frac{28}{2} + 8\right)} - 166 \operatorname{tg}\left(\frac{28}{2} + 8\right) - 3 \cdot 50 = 12436 \text{ Н.}$$

Умова для надійності закріплення заготовки:

$$W > Q.$$

На основі розрахунків встановлено, що $W = 12436 \text{ Н} > Q = 439,6 \text{ Н}$.
Висновок: деталь “Вал” КС6Б-07.604 надійно буде закріплена при фрезеруванні на 020 горизонтально-фрезерній операції.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вплив шуму на організм людини та розробка заходів щодо зниження рівня шуму на ділянці виготовлення деталі

Шум як професійний фактор спостерігається у промисловості, на транспорті, у сільському господарстві тощо. З кожним роком збільшується кількість професій, пов'язаних із шумом, а зростаюча спеціалізація праці веде до збільшення тривалості його впливу на людину.

У машинобудуванні високий рівень шуму спостерігається при обробці металів різанням. Найвищий рівень шуму — у цехах холодного висаджування (101-105 дБ), цвяхівних (104-110 дБ), полірування швів (115-117 дБ), токарно-револьверних (84-88 дБ), фрезерних верстатів (93-95 дБ). На робочих місцях ковалів-штампувальників рівень шуму становить 110-115 дБ. Інтенсивний шум з'являється при обрубванні та очищенні лиття, роботі пневматичних інструментів тощо

Вплив шуму на організм людини часто посилюється й іншими виробничими факторами: вібрацією, інфра- і ультразвуком, несприятливим мікрокліматом, токсичними речовинами, випромінюванням тощо. На сучасному виробництві шум часто є причиною зниження рівня працездатності, підвищення рівня загальної і професійної захворюваності, частоти виробничих травм.

Шум як стрес-фактор є загальнобіологічним подразником, який негативно впливає на всі органи і системи організму. У разі тривалого систематичного впливу шуму може виникнути патологія з переважним ураженням слуху, центральної нервової і серцево-судинної систем. В основі змін лежить складний механізм нервово-рефлекторних і нейрогормональних порушень, які можуть призвести до порушення регуляторних процесів з боку центральної нервової системи.

Вплив шуму на організм умовно поділяють на специфічний, що викликає зміни в органі слуху, і неспецифічний, який викликає зміни в інших органах і

системах. Шум є однією з найчастіших причин зниження слуху нейросенсорного характеру, приглухуватості — поширеного виду патології.

Тривалий шум через провідні шляхи слухового аналізатора впливає на відділи головного мозку, порушуючи процеси вищої нервової діяльності людини. Спостерігаються зміни функціонального стану нервової системи у вигляді астеничних реакцій та астено-вегетативного синдрому з характерними скаргами на головний біль, швидку стомлюваність, подразливість, порушення сну, загальне нездужання, зниження працездатності тощо.

У працівників з невеликим стажем роботи зміни з боку нервової системи спостерігаються частіше, ніж у слуховому аналізаторі. У них з'являється головний біль, апатія, підвищуються стомлюваність, подразливість. У працівників із стажем роботи 10 років і більше ці зміни посилюються, виявляються стійкі ознаки астено-вегетативного синдрому за гіпертонічним, гіпотонічним і кардіальним типами. В окремих випадках спостерігаються зміни психомоторної працездатності, емоційної сфери і розумової діяльності працівників, сповільнюється швидкість психічних реакцій, послаблюється пам'ять, знижується темп розумової праці, її якість і продуктивність; порушуються концентрація уваги, точність і координація рухів; змінюються секреторна і моторна функції травного каналу; порушується обмін речовин (основний, білковий, вуглеводний, жировий, електролітний тощо); змінюється функціональний стан серцево-судинної системи. Ступінь вираженості гіпертензивної дії шуму і порушень гемодинаміки залежить від інтенсивності, тривалості, спектра дії, а також від індивідуальних особливостей людини і супутніх факторів виробничого середовища.

За санітарними нормами шум класифікується так:

- за характером спектра — широкосмуговий з безперервним спектром більш як одна октава і тональний, у спектрі якого спостерігаються значні дискретні тони;
- за характеристикою часу — постійний, рівень звуку якого за восьмигодинний робочий день змінюється щонайбільше на 5 дБ, і непостійний,

рівень звуку якого за робочий день такої самої тривалості змінюється більш як на 5 дБ.

Непостійний шум, у свою чергу, поділяється на:

- коливний, рівень звуку якого безперервно змінюється;
- переривчастий, рівень звуку якого східчасто змінюється (на 5 дБ і більше), причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень звуку залишається постійним, становить 1 с і більше;
- імпульсний, що складається з одного або кількох звукових сигналів, кожний тривалістю менше 1 с.

За санітарними нормами 80 дБ — допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємства.

Боротьба з шумом на виробництві є однією з найскладніших проблем, оскільки джерела шуму різноманітні й потребують комплексу заходів технічного, організаційного і медичного характеру на всіх стадіях проектування, будівництва, експлуатації машин і устаткування. Відомі три основні напрямки боротьби з шумом:

1. Зменшення рівня шуму у джерелі виникнення, застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів.
2. Звукоізоляція устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо.
3. Використання засобів індивідуального захисту.

Дуже часто як супутній фактор шуму на робочих місцях виникає вібрація, тому система профілактичних засобів зниження шуму є комплексною проблемою загального захисту працюючих від механічних коливань.

Технологічні заходи охоплюють характеристику і розміщення устаткування і машин, вимоги до розрахунку характеристик шуму на стадії проектування, обмеження шуму звукопоглинаючих конструкцій і екранів, фільтровентиляційних установок, заміну технологічних процесів і механізмів на менш шумні, обладнання звукоізолюючих кабін операторів, дистанційне керування обладнанням, автоматизацію виробничих процесів зі зменшенням кількості операторів тощо.

Планувальні заходи передбачають ізоляцію шумних цехів від тихих приміщень, збільшення відстані між ними (на стадії проектування виробництва), розташування шумних цехів з підвітряного боку і торцем до фасаду інших будівель. Зелені насадження навколо шумних цехів і шумозахисна зона так само сприяють поглинанню шуму.

У виробничих умовах поряд із звукоізоляцією широко застосовують засоби звукопоглинання. З метою поглинання шуму приміщеннями цехів малого об'єму (400—500 м³) їх оздоблюють пористими матеріалами. Позитивний ефект звукопоглинання дає застосування мінеральних плит, матів з базальтового волокна, штукатурки пінистої або зернистої структури тощо. У приміщеннях великого об'єму ефективні звукопоглинаючі бар'єри і об'ємні поглиначі (куби, конуси тощо), які підвішують над шумними агрегатами для зниження рівня шуму на 5-12 дБ. Застосування звукопоглинаючих матеріалів у комплексі із заміною устаткування в окремих випадках знижує рівень шуму до нормативного (ткацькі цехи).

У боротьбі з аеродинамічним шумом (вихлопи і всмоктування повітря пневматичними інструментами, компресорами, вентиляторами тощо) застосовують глушники різної конструкції, які поглинають шум вихлопу або всмоктування повітря, газів і парів. Вибір типу глушника залежить від рівня і спектрального складу шуму. Для гасіння високочастотного шуму застосовують активні глушники, в основу яких покладено принцип звукової енергії, для гасіння низькочастотного шуму — реактивні глушники, що працюють як акустичний фільтр. Якщо немає змоги забезпечити дотримання вимог технічного характеру, важливого значення набувають організаційно-профілактичні заходи — застосування індивідуальних засобів захисту органів слуху.

4.2. Відшкодування підприємствам і громадянам збитків, завданих за порушення вимог щодо охорони праці

Згідно ст. 9 Закону України „Про охорону праці” відшкодування шкоди, заподіяної працівникові внаслідок ушкодження його здоров'я або у разі смерті

працівника, здійснюється фондом соціального страхування від нещасних випадків відповідно до Закону України „Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності”.

Роботодавець може за рахунок власних коштів здійснювати потерпілим та членам їх сімей додаткові виплати відповідно до колективного чи трудового договору.

Розміри відшкодування шкоди, заподіяної працівникові, встановлені відповідними нормативними актами.

Якщо відповідно до медичного висновку у потерпілого встановлено стійку втрату працездатності, ця допомога має бути не менше суми, визначеної з розрахунку середньомісячного заробітку потерпілого за кожен відсоток втрати ним професійної працездатності.

У разі смерті потерпілого розмір одноразової допомоги повинен складати суму, не меншу п’ятирічного заробітку працівника на його сім’ю, крім того, не менше річного заробітку на кожного утриманця потерпілого, а також на його дитину, яка народилася після його смерті.

Якщо нещасний випадок трапився внаслідок невиконання потерпілим вимог нормативних актів про охорону праці, розмір одноразової допомоги може бути зменшено в порядку, що визначається трудовим колективом за поданням власника та профспілкового комітету підприємства, але не більше як на п’ятдесят відсотків. Факт наявності вини потерпілого встановлюється комісією.

За працівниками, які втратили працездатність у зв’язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням, зберігається місце роботи (посада) та середня заробітна плата на весь період до відновлення працездатності або визнання їх у встановленому порядку інвалідами. У разі неможливості виконання потерпілим попередньої роботи власник зобов’язаний забезпечити відповідно до медичних рекомендацій його перепідготовку і

працевлаштування, встановити пільгові умови та режим роботи.

Якщо власник не має можливості працевлаштування на своєму підприємстві осіб, які частково втратили працездатність, але не стали інвалідами, він зобов'язаний відрахувати цільовим призначенням до Державного фонду сприяння зайнятості населення кошти у розмірі середньорічної заробітної плати працівників за кожне нестворене робоче місце для таких осіб. Працевлаштування цих осіб здійснюється державною службою зайнятості населення.

Час перебування на інвалідності у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням зараховується до стажу роботи для призначення пенсії за віком, а також до стажу роботи із шкідливими умовами, який дає право на пенсії на пільгових умовах й у пільгових розмірах.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра у загальній та технологічній частині проведено аналіз технічних вимог деталі “Вал” КС6Б-07.604 та її службове призначення. Також проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення вала на підприємстві. Тип виробництва, встановлений після розрахунків, – середньосерійний. Раціональний метод отримання заготовки – поковка. Розробили технологічний процес виготовлення вала на основі проведеного синтезу. При зміні типу виробництва із дрібносерійного на серійний проведено заміну обладнання і оснащення. Зокрема, токарно-гвинторізні верстати 16К20 замінено на токарні верстати з ЧПК, формування базових центрових отворів та торців проведено на фрезерно-центрувальних напівавтоматах. Також проведені розрахунки міжопераційних та проміжних припусків, режимів різання на норм часу.

В результаті проведених змін у технологічному процесі одержано зменшення штучно-калькуляційного часу, як наслідок використання переваг верстатів з ЧПК, а також впровадження в технологічний процес раціонального методу отримання заготовки – поковки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.
13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.
14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.

15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

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

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

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. 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.

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

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

23. Паливода Ю.Є, Дячун А.Є. Технологія виготовлення деталей класу «Порожністі циліндри» (втулки) : методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 56с.