

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення  
маточини КС6В-47.814

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

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ Тимчук П.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення маточини КС6В-47.814”. студента групи МТ-41 ТНТУ імені Івана Пулюя Тимчука П.І.  
Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Ключові слова: технологічний процес, токарний напівавтомат, операція, свердління, заготовка.

Мета роботи - вдосконалити технологію виготовлення маточини КС6В-47.814 з відповідним обґрунтуванням.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання.

У першому розділі проведено аналіз конструктивних особливостей маточини КС6В-47.814, її застосування, технічні вимоги до поверхонь, її технологічність. Детально розглянули базовий технологічний процес.

У другому розділі визначили тип виробництва, вибрали оптимальний варіант виготовлення заготовки – штамповка. 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 та принцип роботи пристрою для розвертання отвору, розрахували його точність та силові параметри. Розрахували конструктивні параметри різця та спеціальної державки для проточування поверхні деталі.

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

Представлено відповідні висновки та перелік посилань.

У додатка подано технологічний процес виготовлення маточини КС6В-47.814 та специфікації до графічної частини.

# ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	<b>.....</b>
<b>1 Загально-технічна частина</b>	
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.....	.....
<b>2 Технологічна частина</b>	
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.....	.....
<b>3 Конструкторська частина</b>	
3.1. Опис конструкції пристосування для механічної обробки.....	.....
3.2. Розрахунок похибки пристосування.....	.....
3.3. Розрахунок приводу пристосування.....	.....
<b>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</b>	
4.1. Методи зниження вібрацій та шуму на ділянці виготовлення деталі.....	.....
4.2. Фінансування охорони праці на підприємстві.....	.....
Висновки.....	.....
Перелік посилань.....	.....

## ВСТУП

У кваліфікаційній роботі бакалавра вдосконалено технологічний процес механічного оброблення маточини КС6В-47.814. Деталь входить до складу бортового редуктора ходової частини бурякозбирального комбайну і використовується для передачі крутного моменту. Виготовляється з легованої хромованої сталі 40Х. Заготовка одержана методом штампуванням, відповідно до типу виробництва, матеріалу, а також з умови одержання економічного ефекту.

У базовому технологічному процесі механічної обробки деталі “Маточина” КС6В-47.814 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 “Маточина” КС6В-47.814 в проектний технологічний процес внесено такі зміни: впроваджено ефективніший та точніший метод отримання заготовки – штампування на кривошипному гаряче-штампувальному пресі, що дає змогу зменшити об’єм обробки ріжучими інструментами і, відповідно, час обробки; для токарної та свердлильної обробки поверхонь застосовано токарні багатошпиндельні та свердлильні напівавтомати з використанням багатоінструментальних наладок; при зміні технологічного обладнання проведена заміна технологічного оснащення та різальних інструментів.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Маточина” КС6В-47.814 входить до складу бортового редуктора ходової частини бурякозбирального комбайну КС6В.

Відповідно до класифікатора ЄСКД [2] деталь “Маточина” КС6В-47.814 відноситься до класу 71.

До основних поверхонь деталі, що мають важливе значення при її застосуванні віднесено такі поверхні: внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 40F9^{(+0,087}_{+0,025)}$ , Ra3,2 – базова поверхня А; зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 140f8^{(-0,043}_{+0,106)}$ , Ra2,5, до якої висувається вимога максимального відхилення радіального биття 0,05 мм відносно базової поверхні А; торцева поверхня 26<sub>-0,2</sub>, Ra6,3; торцева поверхня 47<sub>-0,2</sub>, Ra25, до яких висуваються вимоги максимального відхилення торцевого биття 0,06 мм відносно базової поверхні А, ці поверхні забезпечують точне взаємне розміщення спряжених елементів вузла у виробі; шість різевих отворів М12-7Н, до яких ставиться вимога залежного позиційного допуску відносно центрального отвору, ці отвори призначені для правильної орієнтації деталі у вузлі та кріплення її; отвір  $\varnothing 10H7^{(+0,015)}$ , Ra1,6.

Решта поверхонь розглядаються як допоміжні та другорядні.

Деталь “Маточина” КС6В-47.814 виготовляється з легованої хромованої сталі 40Х відповідно до даних, взятих із креслення деталі.

У таблицях, представлених нижче, представлено хімічний склад, механічні властивості та технологічне застосування сталі 40Х [3].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад хромистої сталі 40Х, %

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni	As
				не більше				
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,8	0,8-1,0	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08

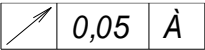
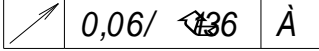

Таблиця 1.2 – Механічні властивості хромистої сталі 40Х

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$a_{нб}$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ
не менше						горячокатаної
785	980	10	45	7,85	55	217-248

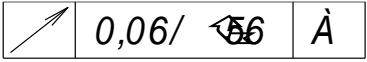
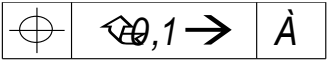
## 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

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 “Маточини” КС6В-47.814

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 140f8^{(-0,043/+0,106)}$ 	8	Ra2,5
2...7	Внутрішні фаски $1 \times 45^\circ$	14	Ra25
8	Торцева поверхня $26_{-0,2}$ 	12	Ra6,3
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 99h14$	14	Ra25
10	Торцева поверхня $47_{-0,2}$	12	Ra25
11...14	Отвори $\varnothing 17H14, l=10$	14	Ra25
15	Отвір $\varnothing 40F9^{(+0,087/+0,025)}, l=47$ 	9	Ra3,2
16...19	Зовнішня поверхня 83	16	Ra630
20	Зовнішня фаска $1,6 \times 45^\circ$	14	Ra25
21	Торцева поверхня $13_{-0,5}$	14	Ra25

### Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
22	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 102h14$	14	Ra25
23	Торцева поверхня $11\pm 1,0$	16	Ra630
24	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 60_{+0,8}^{+1,4}$ , $l=11$	17	Ra630
25	Торцева поверхня $47_{-0,2}$ 	12	Ra25
26	Радіус заокруглення $R6\pm 0,5$	17	Ra630
27	Отвір $\varnothing 10H7(^{+0,015})$	7	Ra1,6
28...33	Шість отворів під різь M12-7H $\varnothing 10,2^{+0,36}$ ; $l=13$ $\varnothing 120\pm 0,07$ 	13	Ra12,5
34...39	Шість різевих отворів M12-7H	13	Ra12,5
40	Торцева поверхня $17h16$	16	Ra630

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Конструкція деталі “Маточина” КС6В-47.814 не є складною і не вимагає спрощення або зміни, навіть при умові зміни типу виробництва.

Матеріал деталі сталь 40Х відповідає технічним вимогам, що висунуті до деталі та умовам експлуатації маточини у вузлі. Заготовка одержана методом штампуванням, 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 та внутрішні циліндричні і торцеві поверхні деталі. 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 технологічною.

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

Для визначення показників технологічності деталі “Маточина” КС6В-47.814 використано числові показники з таблиці 1.3.

Розраховуємо значення коефіцієнта точності обробки деталі “Маточина” КС6В-47.814

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 14 + 13 \cdot 6 + 12 \cdot 3 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{25} = 13,04;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,04} = 0,92.$$

Якщо  $K_{\text{т.ч.}}=0,92 > 0,8$ , то маточина КС6В-47.814 є технологічною.

Розраховуємо значення коефіцієнта шорсткості поверхонь деталі “Маточина” КС6В-47.814

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{2 \cdot 15 + 3 \cdot 6 + 4 \cdot 1 + 5 \cdot 2 + 6 \cdot 1}{25} = 2,72,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{2,72} = 0,37.$$

Якщо  $K_{\text{ш}}=0,37 > 0,16$ , то маточина КС6В-47.814 є технологічною.

Розраховуємо значення коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів деталі “Маточина” КС6В-47.814

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{21}{25} = 0,84. \quad (1.3)$$



Якщо  $K_{ye}=0,84>0,6$ , то маточина КС6В-47.814 є технологічною.

На основі кількісного та якісного аналізу встановлено, що деталь “Маточина” КС6В-47.814 є технологічною і не має 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 “Маточина” КС6В-47.814 сформовано таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” КС6В-47.814

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Відрізна	Фрезерно-відрізний верстат 8Г642	Пристосування універсально-збірне з базуванням заготовки на призму із упором в торець
010-015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий стандартний
020 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Оправка цангова тип 1 з ручним затиском стандартна
025 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6Т804Г	Універсально-ділильна головка УДГ-200. Патрон трьохкулачковий з механічним затиском стандартний.
030-040 Координатно-розточна	Координатно-розточний верстат 2421	Пристосування універсально-збірне із базуванням деталі по отвору з упором в торець.

#### Закінчення таблиці 1.4

1	2	3
045 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Пристосування універсально-збірне
050 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М150	Оправка цангова тип 1 з ручним затиском стандартна.
055 Контроль	Стіл контролера	Універсальні вимірювальні інструменти

При розробленні базового технологічного процесу механічної обробки деталі “Маточина” КС6В-47.814 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 відповідає серійному типу виробництва.

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

Деталь “Маточина” КС6В-47.814 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 “Маточина” КС6В-47.814 забезпечуються базовим технологічним процесом, при цьому внаслідок зміни типу виробництва виникає необхідність його вдосконалення.

Для підвищення продуктивності та ефективності обробки деталі “Маточина” КС6В-47.814 в проектний технологічний процес необхідно внести такі зміни:

- впровадження в проектний технологічний процес ефективнішого та точнішого методу отримання заготовки – штампування на кривошипному гаряче-штампувальному пресі, що дає змогу зменшити об’єм обробки ріжучими інструментами і, відповідно, час обробки;

- для токарної та свердлильної обробки поверхонь доцільно застосовувати токарні багатошпиндельні та свердлильні напівавтомати з використанням багатоінструментальних наладок;

- при зміні технологічного обладнання відбудеться заміна технологічного оснащення та різальних інструментів, при цьому є можливість використання комбінованих інструментів, пристроїв з механізованими системами затиску.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва попередньо визначено на основі завдання, річної програми випуску  $N = 45000$  шт. та маси деталі “Маточина”  $KС6В-47.814$   $m=2,91$  кг із стандартних таблиць, при цьому на основі цих даних тип виробництва – великосерійний.

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  $\Sigma O$  – сумарна кількість операцій на дільниці;

$\Sigma P$  – сумарна кількість робочих місць на дільниці.

Дані базового технологічного процесу записано в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Трудозатрати базового технологічного процесу

Операція	( $T_{шт.к}$ ), хв.	Операція	( $T_{шт.к}$ ), хв.
005 Відрізна	2,1	030 Координатно-розточна	4,0
010 Токарно-гвинторізна	8,3	035 Координатно-розточна	8,9
015 Токарно-гвинторізна	19,4	040 Різенарізна	2,8
020 Токарно-гвинторізна	4,0	045 Круглошліфувальна	2,53
025 Горизонтально-фрезерна	13,0		

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,  $\eta_{з.н.}=0,75$  для серійного типу виробництва.

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

$$m_{p005} = \frac{45000 \cdot 2,1}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,53. \quad P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{45000 \cdot 8,3}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 2,1. \quad P_{010} = 3 \text{ верстати.}$$

$$m_{p015} = \frac{45000 \cdot 19,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 4,9. \quad P_{015} = 7 \text{ верстатів.}$$

$$m_{p020} = \frac{45000 \cdot 4,0}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,01. \quad P_{020} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p025} = \frac{45000 \cdot 11,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 2,97. \quad P_{025} = 4 \text{ верстати.}$$

$$m_{p030} = \frac{45000 \cdot 4,0}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,01. \quad P_{030} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p035} = \frac{45000 \cdot 8,9}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 2,2. \quad P_{035} = 3 \text{ верстати.}$$

$$m_{p040} = \frac{45000 \cdot 2,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,7. \quad P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p045} = \frac{45000 \cdot 2,53}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,64. \quad P_{045} = 1 \text{ верстат.}$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця [1]:

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

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,53}{1} = 0,53.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{2,1}{3} = 0,7.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{4,9}{7} = 0,7.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{1,01}{2} = 0,505.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{2,97}{4} = 0,74.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{1,01}{2} = 0,505.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{2,2}{3} = 0,73.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,7}{1} = 0,7.$$

$$\eta_{з.ф.045} = \frac{0,64}{1} = 0,64.$$

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

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

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,53} = 1,42. \quad O_{005} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,7} = 1,07. \quad O_{010} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,7} = 1,07. \quad O_{015} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,505} = 1,49. \quad O_{020} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,74} = 1,01. \quad O_{025} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,505} = 1,49. \quad O_{030} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,73} = 1,03. O_{035} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,7} = 1,07. O_{040} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,64} = 1,17. O_{045} = 2 \text{ операції.}$$

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

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{17}{24} = 0,71.$$

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

## 2.2. Вибір способу одержання заготовки

Для одержання заготовки деталі “Маточина” КС6В-47.814 проведено порівняння двох методів:

– перший метод – прокат гарячекатаний круглий, звичайної точності прокатування (В), діаметром 150 мм зі сталі 40Х. Довжина прутка дорівнює 3 м. Розрізання прокату на штучні заготовки здійснюється на фрезерно-відрізному верстаті. Позначення прокату в конструкторській документації:

$$\text{Круг} \frac{150 - \text{В ГOST2590} - 88}{40\text{Х} - 1 - 2 \text{ ГOST4543} - 71} [3].$$

– другий метод – штамповка на кривошипному гарячостампувальному пресі.

Клас точності штамповки на кривошипному гарячостампувальному пресі – Т4 [7]; група сталі – М2 [7].

Ступінь складності штамповки є однією з конструктивних характеристик форми штамповок і використовується при визначенні припусків і допусків.

Ступінь складності штамповки [7]:

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{ф}}$$

$$m_{ш} = m_{д} \cdot k_p = 2,91 \cdot 1,5 = 4,37 \text{ кг [7].}$$

$$k_p = 1,5 \text{ [7].}$$

$$d = 140 \cdot 1,05 = 147 \text{ мм.}$$

$$H = 47 \cdot 1,05 = 49,35 \text{ мм.}$$

$$V_{ф} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 147^2 \cdot 49,35}{4} = 837127,3 \text{ мм}^3 = 837,1 \text{ см}^3.$$

$$m_{ф} = V_{ф} \cdot \rho,$$

$$m_{ф} = 837,1 \cdot 7,85 = 6571 \text{ г} = 6,57 \text{ кг.}$$

$$\text{Тоді: } C = \frac{4,37}{6,57} = 0,67.$$

Згідно [7] для  $C = 0,67$  штамповка відповідає першому ступеню складності С1.

Визначаємо вихідний індекс 12 [7] заготовки для Т4, М2, С1 та  $m_{ш} = 4,37$  кг.

Ескізи заготовок для двох способів одержання представлено на рис. 2.1 та рис. 2.2.

Розрахункові загальні табличні припуски представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Загальні припуски

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1) Круг $\frac{150 - В \text{ ГОСТ} 2590 - 88}{40X - 1 - 2 \text{ ГОСТ} 4543 - 71}$				
Торцева поверхня $47_{-0,2}$	Ra25	0,74	$4 \times 2 = 8,0$	$55 \pm 0,37$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 140f8_{(+0,106)}^{(-0,043)}$	Ra2,5	2,8	$5 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 150_{-2,0}^{+0,8}$



Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5
1) Штамповка на кривошипному гарячостампувальному пресі				
Торцева поверхня 47 <sub>-0,2</sub>	Ra25	2,2	1,4 × 2 = 2,8	49,8 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>
Зовнішня циліндрична поверхня Ø140f8 <sub>(<sup>-0,043</sup><sub>+0,106</sub>)</sub>	Ra2,5	2,5	1,8 × 2 = 3,6	Ø143,6 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,9</sub>
Торцева поверхня 17h16	Ra630	2,0	–	17 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub> на кресленні 24,9 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>
Отвір Ø40F9 <sub>(<sup>+0,087</sup><sub>+0,025</sub>)</sub> , l=47	Ra3,2	2,2	1,7 × 2 = 3,4	Ø36,6 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>
Зовнішня поверхня □ 83	Ra630	2,2	–	□ 83 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>

Витрати матеріалу на деталь через неkratності довжини прокату :

$$L_{\text{нк.}} = L_{\text{пр.}} - x \cdot (L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}), \quad (2.5)$$

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

$x$  – кількість заготовок на одному прутку, шт.;

$$x = \frac{L_{\text{пр.}}}{L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}}, \quad (2.6)$$

де  $L_{\text{заг.}}$  – довжина заготовки з припусками на підрізання торців (2а);  $2а = 8$  мм [7];

$$L_{\text{заг.}} = L_{\text{дет.}} + 2а, \quad (2.7)$$

$L_{\text{р.}} = 12,5$  мм – ширина різку інструмента – дискової пили діаметром 1430 мм [6];

Тоді, довжина заготовки із припусками на підрізання торців:

$$L_{\text{заг.}} = 47 + 8 = 55 \text{ мм.}$$

Тоді кількість заготовок на одному прутку:

$$x = \frac{3000}{55 + 12,5} = 44,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо 44 шт.

Витрати матеріалу на деталь через неkratності довжини прокату:

$$L_{\text{нк.}} = 3000 - 44 \cdot (55 + 12,5) = 30 \text{ мм.}$$

Розраховуємо розхід матеріалу на заготовку:

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{Q_1 \cdot (100 + B_{\text{заг.}})}{100}, \quad (2.8)$$

$$Q = V_3 \cdot \rho, \quad (2.9)$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (2.10)$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 150^2 \cdot 55}{4} = 971437,5 \text{ мм}^3 = 971,4 \text{ см}^3,$$

$$Q_1 = 971,4 \cdot 7,85 = 7625,5 \text{ г} \approx 7,63 \text{ кг.}$$

Розраховуємо загальні витрати матеріалу прокату (%):

$$B_{\text{заг.}} = B_{\text{нк.}}, \quad (2.11)$$

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

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

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(L_{\text{нк.}} \cdot 100)}{L_{\text{пр.}}}. \quad (2.12)$$

Витрати матеріалу через неkratність:

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(30 \cdot 100)}{3000} = 1,0\%.$$

Розраховуємо розхід матеріалу на заготовку:

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{7,63 \cdot (100 + 1,0)}{100} = 7,71 \text{ кг.}$$

Об'єм заготовки для другого методу - штампування:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 60^2 \cdot 12,4}{4} = 35042,4 \text{ мм}^3 = 35,04 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 143,6^2 \cdot 17}{4} = 275186,7 \text{ мм}^3 = 275,2 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{зквадрат}} = a^2 \cdot h = 83^2 \cdot 20,4 = 140535,6 \text{ мм}^3 = 140,54 \text{ см}^3;$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 36,6^2 \cdot 49,8}{4} = 52367,4 \text{ мм}^3 = 52,4 \text{ см}^3;$$

$$V_{\text{заг2}} = V_1 + V_2 + V_3 - V_4; \quad (2.13)$$

$$V_{\text{заг}} = 35,04 + 275,2 + 140,54 - 52,4 = 398,38 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки:

$$Q_2 = 398,38 \cdot 7,85 = 3127,3 \text{ г} \approx 3,13 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.14)$$

де  $q = 2,91 \text{ кг}$  – маса деталі.

– для прокату:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{2,91}{7,71} = 0,38.$$

– для штамповки:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{2,91}{3,13} = 0,93.$$

Для розроблення технологічного процесу виготовлення маточини вибираємо метод отримання заготовки штампування через вищий коефіцієнт використання матеріалу.

### **2.3. Вибір технологічних баз**

При обробці деталі “Маточина” КС6В-47.814 на 005 токарній автоматній операції в якості пристосування використовується спеціальний патрон із базуванням деталі по чорновій зовнішній квадратній поверхні і по торцю. На 010 токарній автоматній операції деталь базується на розтискній цанговій оправці, по торцю і внутрішній циліндричній поверхні. На 015 вертикально-свердлильній операції деталь базується по торцю і внутрішній циліндричній поверхні в спеціальному кондукторі. На 020, 030 вертикально-свердлильній операції та 025 різенарізній деталь базується по торцю і внутрішній циліндричній поверхні з орієнтацією по отвору в спеціальному кондукторі і підставці. На 035 операції деталь базується по внутрішній циліндричній поверхні і по зовнішньому торцю. Затиск деталі на цих операціях здійснюється пневмо- і гідроприводами.

### **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	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 140f8^{(-0,043}_{+0,106)}$ 	8	Ra2,5	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове поздовжнє 3. Шліфування кругле напівчистове	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове 3. Точіння чистове поздовжнє
2...7	Внутрішні фаски 1×45°	14	Ra25	Зенкування	Обробка комбінованим осьовим інструментом (свердло-зенківка)
8	Торцева поверхня 26 <sub>-0,2</sub> 	12	Ra6,3	1. Чорнове точіння при поперечній подачі 2. Напівчистове точіння при поперечній подачі	—
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 99h14$	14	Ra25	Точіння чорнове поздовжнє	
10	Торцева поверхня 47 <sub>-0,2</sub>	12	Ra25	1. Чорнове точіння при поперечній подачі 2. Напівчистове точіння при поперечній подачі	—
11... 14	Отвори $\varnothing 17H14^{(+0,43)}$ , l=10	14	Ra25	Свердління по кондуктору	1. Центрування 2. Свердління
15	Отвір $\varnothing 40F9^{(+0,087}_{+0,025)}$ , l=47 	9	Ra3,2	1. Розточування чорнове 2. Розточування напівчистове 3. Розвертання чистове	1. Зенкерування чорнове 2. Зенкерування напівчистове 3. Розвертання чистове

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
16... 19	Зовнішня поверхня □83	16	Ra630	Не обробляється різанням	—
20	Зовнішня фаска 1,6×45°	14	Ra25	Точіння однократне	—
21	Торцева поверхня 13 <sub>-0,5</sub>	14	Ra25	Точіння чорнове при поперечній подачі	—
22	Зовнішня циліндрична поверхня ∅102h14	14	Ra25	Точіння чорнове при поздовжній подачі	—
23	Торцева поверхня 11±1,0	16	Ra630	Не обробляється різанням	—
24	Зовнішня циліндрична поверхня ∅60 <sup>+1,4</sup> <sub>+0,8</sub> l=11	17	Ra630	Не обробляється різанням	—
25	Торцева поверхня 47 <sub>-0,2</sub> 	12	Ra25	1. Чорнове точіння при поперечній подачі 2. Напівчистове точіння при поперечній подачі	—
26	Радіус заокруглення R6±0,5	17	Ra630	Точіння чорнове при поздовжній подачі спеціальним радіусним різцем	—
27	Отвір ∅10H7( <sup>+0,015</sup> )	7	Ra1,6	1. Центрування 2. Свердління 3. Розвертання попереднє 4. Розвертання чистове	—
28... 33	Шість отворів під різь M12-7H ∅10,2 <sup>+0,36</sup> ; l=13  ∅120±0,07	13	Ra12,5	1. Центрування 2. Свердління при установці деталі по центральному отвору	—
34... 39	Шість різевих отворів M12-7H	13	Ra12,5	Нарізання різі мітчиком	—

Записуємо структуру маршруту обробки деталі “Маточина” КС6В-47.814.

Операція 005. Токарна напівавтоматна.

Позиція II. Підрізати попередньо торці 25 та 21, обробляючи зовнішню циліндричну поверхню 22, витримуючи розміри  $\varnothing 102_{-0,87}$ ;  $48,8_{-0,62}$ ;  $15_{-0,5}$ ; одночасно з поперечного супорта.

Позиція III. Підрізати остаточно торець 25, витримуючи розмір  $48,4_{-0,25}$  з поперечного супорта.

Позиція IV. Розточити попередньо отвір 15, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розміри  $\varnothing 38,88^{+0,62}$ ;  $\varnothing 141,6_{-1,0}$ ;  $l=48,4_{-0,25}$  одночасно з поздовжнього супорта.

Позиція V. Розточити остаточно отвір 15, точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розміри  $\varnothing 39,88^{+0,1}$ ;  $\varnothing 140,6_{-0,16}$ ;  $l=48,4$  одночасно з поздовжнього супорта.

Позиція VI. Розвернути остаточно отвір 15, витримуючи розмір  $\varnothing 40_{+0,025}^{+0,087}$ , з поздовжнього супорта.

Перевірити розміри:  $48,4_{-0,25}$ ;  $15_{-0,5}$ ;  $\varnothing 102_{-0,87}$ ;  $\varnothing 140,6_{-0,16}$ ;  $\varnothing 40_{+0,025}^{+0,087}$ .

Контроль 30%

Операція 010. Токарна напівавтоматна.

Позиція II. Підрізати попередньо торці 10 та 8, витримуючи розмір  $48_{-0,62}$ ;  $26,8_{-0,52}$  одночасно з поперечного супорта.

Позиція III. Підрізати остаточно торці 10 та 8, витримуючи розмір  $47_{-0,2}$ ;  $26_{-0,2}$  одночасно з поперечного супорта.

Позиція IV. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 9, витримуючи розміри  $\varnothing 99_{-0,87}$ ;  $26_{-0,2}$  з поздовжнього супорта, точити зовнішню фаску 20, витримуючи розмір  $1,9 \times 45^\circ$  з поперечного супорта.

Контроль 30%

Операція 015. Вертикально-свердлильна операція

Перехід 2. Свердлити по кондуктору чотири отвори 11...14, витримуючи розміри  $\varnothing 17H14^{(+0,43)}$ ;  $\varnothing 75 \pm 0,1$ ;  $l=10$  одночасно.

Операція 020. Вертикально-свердлильна операція

Перехід 2. Свердлити по кондуктору сім отворів 27, 28...33 одночасно з одночасним зенкуванням шести фасок 2...7, витримуючи розміри  $\varnothing 10,2^{+0,36}$  ;  $\varnothing 9,8^{+0,15}$   $l=13$ ;  $\varnothing 120 \pm 0,07$ ;  $1 \times 45^\circ$ .

Операція 025. Вертикально-свердлильна операція

Перехід 2. Нарізати різь 34...39 в шести отворах 28...33, витримуючи розмір M12-7H одночасно.

Операція 030. Вертикально-свердлильна операція

Розвернути попередньо та остаточно отвір 27, витримуючи розміри  $\varnothing 9,96^{+0,022}$ ;  $\varnothing 10^{+0,015}$ ;  $l=13$ .

Операція 035. Круглошліфувальна операція

Операція 040. Контроль.

## **2.5. Визначення припусків на оброблення**

Результати розрахунку припусків для механічної обробки поверхонь деталі “Маточина” КС6В-47.814 представлено в таблиці 2.5



Таблиця 2.5 – Розрахункові припуски для механічної обробки

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 140f8^{(-0,043}_{+0,106})}$ ; Ra2,5					
Шліфування напівчистове	8	Ra2,5	0,063	$0,3 \times 2 = 0,6$	$\varnothing 140^{(-0,043}_{+0,106)}$
Точіння напівчистове	10	Ra6,3	0,16	$0,5 \times 2 = 1,0$	$\varnothing 140,6^{+0,16}$
Точіння чорнове	14	Ra25	1,0	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 141,6^{+1,0}$
Заготовка	16	Ra630	2,5	$1,8 \times 2 = 3,6$	$\varnothing 143,6^{+1,6}_{-0,9}$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 10H7^{(+0,015)}$ ; Ra1,6					
Розвертання чистове	7	Ra1,6	0,015	$0,02 \times 2 = 0,04$	$\varnothing 10^{+0,015}$
Розвертання попереднє	9	Ra3,2	0,022	$0,08 \times 2 = 0,16$	$\varnothing 9,96^{+0,022}$
Свердління	12	Ra12,5	0,15	$4,9 \times 2 = 9,8$	$\varnothing 9,8^{+0,15}$
Заготовка	16	Ra630	–	$5,0 \times 2 = 10,0$	Суцільний матеріал
Торцева поверхня $26_{-0,2}$ ; Ra6,3					
Точіння напівчистове	12	Ra6,3	0,2	0,8	$26_{-0,2}$
Точіння чорнове	14	Ra25	0,52	1,2	$26,8_{-0,52}$
Заготовка	17	Ra630	2,0	2,0	$28^{+1,3}_{-0,7}$
Торцева поверхня $47_{-0,2}$ ; Ra25					
Точіння напівчистове	12	Ra25	0,2	$0,4 \times 2 = 0,8$	$47_{-0,2}$
Точіння чорнове	14	Rz40	0,62	$1,0 \times 2 = 2,0$	$47,8_{-0,62}$
Заготовка	17	Ra630	2,2	$1,4 \times 2 = 2,8$	$49,8^{+1,4}_{-0,8}$

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

005 Операція токарна напівавтоматна.

1. Визначаємо глибини різання:

Позиція II:  $t_{\text{Плоп.1}} = 2,0$  мм,  $t_{\text{Плоп.2}} = 1,0$  мм.

Позиція III:  $t_{III\text{поп.}} = 0,4$  мм.

Позиція IV:  $t_{IV\text{позд.1}} = 1,69$  мм,  $t_{IV\text{позд.2}} = 1,0$  мм.

Позиція V:  $t_{V\text{позд.1}} = 0,5$  мм,  $t_{V\text{позд.2}} = 0,5$  мм.

Позиція VI:  $t_{VI\text{позд.}} = 0,0725$  мм.

## 2. Довжини робочих ходів супортів:

Позиція II: довжина робочого ходу поперечного супорта:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{перебігу}} + l_{\text{дод.}}, \quad (2.15)$$

$l_{\text{різ.1}} = 21$  мм;  $l_{\text{підв1}} = 1$  мм;  $l_{\text{вріз.1}} = 1$  мм;  $l_{\text{перебігу1}} = 1$  мм;  $l_{\text{дод.1}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. IIпоп1}} = 21 + 1 + 1 + 1 + 0 = 24$  мм.

$l_{\text{різ.2}} = 12,25$  мм;  $l_{\text{підв2}} = 1,375$  мм;  $l_{\text{вріз.2}} = 1$  мм;  $l_{\text{перебігу2}} = 1,375$  мм;  $l_{\text{дод.2}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. IIпоп2}} = 12,25 + 1,375 + 1 + 1,375 + 0 = 16$  мм.

Позиція III:

$l_{\text{різ.2}} = 12,25$  мм;  $l_{\text{підв2}} = 1,5$  мм;  $l_{\text{вріз.2}} = 1$  мм;  $l_{\text{перебігу2}} = 1$  мм;  $l_{\text{дод.2}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. IIIпоп2}} = 12,25 + 1,375 + 1 + 1,375 + 0 = 16$  мм.

Позиція IV:

– довжина робочого ходу поздовжнього супорта:

$l_{\text{різ.IV1}} = 48,4$  мм;  $l_{\text{підв}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{вріз.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{пер.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{дод.}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. IVпозд.1}} = 48,4 + 2,0 + 2,0 + 2,0 + 0 = 54,4$  мм.

$l_{\text{різ.IV2}} = 15$  мм;  $l_{\text{підв}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{вріз.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{пер.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{дод.}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. IVпозд.2}} = 15 + 2,0 + 2,0 + 2,0 + 0 = 21$  мм.

Позиція V:

– довжина робочого ходу поздовжнього супорта:

$l_{\text{різ.V1}} = 48,4$  мм;  $l_{\text{підв}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{вріз.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{пер.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{дод.}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. Vпозд.1}} = 48,4 + 2,0 + 2,0 + 2,0 + 0 = 54,4$  мм.

$l_{\text{різ.V2}} = 15$  мм;  $l_{\text{підв}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{вріз.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{пер.}} = 2,0$  мм;  $l_{\text{дод.}} = 0$ ;

$L_{\text{р.х. Vпозд.2}} = 15 + 2,0 + 2,0 + 2,0 + 0 = 21$  мм.

Позиція VI:

– довжина робочого ходу поздовжнього супорта:

$$l_{\text{різ.}} = 48,4 \text{ мм}; l_{\text{підв, вріз., перебігу}} = 6 \text{ мм}; l_{\text{дод.}} = 0;$$

$$L_{\text{р.х. VI позд.}} = 48,4 + 6 + 0 = 54,4 \text{ мм.}$$

Вибираємо найбільше значення робочого ходу поздовжнього супорта

$$L_{\text{р.х. IV, V, VI позд.}} = 54,4 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо подачу та підбираємо зубчасті колеса:

Позиція II:

$$- \text{ поперечний супорт: } S_{\text{oIIпоп.}} = 0,4 \text{ мм/об [10].}$$

Позиція III:

$$- \text{ поперечний супорт: } S_{\text{oIIIпоп.}} = 0,4 \text{ мм/об [10].}$$

Позиція IV:

$$- \text{ поздовжній супорт: } S_{\text{oIVпозд.}} = 0,4 \text{ мм/об [10].}$$

Позиція V:

$$- \text{ поздовжній супорт: } S_{\text{oV}} = 0,25 \text{ мм/об [10].}$$

Позиція VI:

$$- \text{ поздовжній супорт: } S_{\text{oVI}} = 1,1 \text{ мм/об [10].}$$

Кількість обертів шпинделя  $n_p$ , для кожного переходу:

$$n_p = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o}. \quad (2.16)$$

Позиція II:

$$- \text{ поперечний супорт } n_{\text{pII}} = \frac{24}{0,4} = 60 \text{ об};$$

Позиція III:

$$- \text{ поперечний супорт: } n_{\text{pIII}} = \frac{16}{0,4} = 40 \text{ об};$$

Позиція IV:

$$- \text{ поздовжній супорт: } n_{\text{pIV}} = \frac{54,4}{0,4} = 135,3 \text{ об};$$

Позиція V:

– поздовжній супорт:  $n_{pV} = \frac{54,4}{0,25} = 217,6$  об;

Позиція VI:

– поздовжній супорт  $n_{pVI} = \frac{54,4}{1,1} = 49,5$  об.

Приймаємо найбільше значення обертів шпинделя  $n_p = 217,6$ , що відповідає паспортному значенню  $n_{рп} = 217$  обертів при змінних зубчастих колесах  $e = 27$ ,  $f = 57$ ,  $g = 42$ ,  $h = 42$  [13]. Фактичні подачі на кожному переході:

$$S_{п} = \frac{L_{р.х.}}{n_{рп}}, \quad (2.17)$$

Для поздовжнього супорта на позиціях IV, V, VI:  $S_{пIV,V,VI} = \frac{54,4}{217} = 0,25$  об;

Для поперечних супортів:

– позиція II:  $S_{пIIпоп.} = \frac{24}{217} = 0,11$  мм/об;

– позиція III:  $S_{пIIIпоп.} = \frac{16}{217} = 0,07$  мм/об;

4. Період стійкості інструментів:

$$T_p = T_M \cdot \lambda. \quad (2.18)$$

Коефіцієнт часу різання:

$$\lambda = \frac{L_{різ.}}{L_{р.х.}}, \quad (2.19)$$

Позиція II:  $\lambda_{пII} = \frac{21}{24} = 0,88$ ;  $T_{рпII} = 150$  хв.

$\lambda_{пII} = \frac{12,25}{16} = 0,76$ ;  $T_{рпII} = 150$  хв.

Позиція III:  $\lambda_{III} = \frac{12,25}{16} = 0,76$ ;  $T_{pIII} = 150$  хв.

Позиція IV:  $\lambda_{IV1} = \frac{48,4}{54,4} = 0,89$ ;  $T_{pIV1} = 150$  хв.

$\lambda_{IV2} = \frac{15}{21} = 0,71$ ;  $T_{pIV2} = 150 \cdot 0,71 = 106,5$  хв.

Позиція V:  $\lambda_{V1} = \frac{48,4}{54,4} = 0,89$ ;  $T_{pV1} = 150$  хв.

$\lambda_{V2} = \frac{15}{21} = 0,71$ ;  $T_{pV2} = 150 \cdot 0,71 = 106,5$  хв.

Позиція VI:  $\lambda_{VI} = \frac{48,4}{54,4} = 0,89$ ;  $T_{pVI} = 150$  хв.

5. Визначаємо швидкість різання та частоту обертання шпинделя.

Позиція II:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v. \quad (2.20)$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{IV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{\phi_1 V} \cdot K_{rV}, \quad (2.21)$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} [20].$$

$\sigma_B = 980$  МПа

$K_r = 0,95$  [6];

$n_v = 1,0$  [6];

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,73.$$

$K_{nV} = 0,8$  заготовка – штамповка [20];

$K_{IV} = 0,65$  – для марки інструментального матеріалу Т5К10 [20];

$$K_{\varphi v} = 0,7 \text{ при } \varphi = 90^\circ [20];$$

$$K_{\varphi 1v} = 0,97 \text{ при } \varphi_1 = 15^\circ [20];$$

$$K_{rv} = 1,0 \text{ при } r = 0,6 [6];$$

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

$$K_v = 0,73 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 1,0 = 0,26.$$

$$V_{II} = \frac{420}{150^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,11^{0,2}} \cdot 0,26 = \frac{420}{2,72 \cdot 1,0 \cdot 0,64} \cdot 0,26 = 63 \text{ м/хв.}$$

Позиція III:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.22)$$

$$V_{TIII} = 160 \text{ м/хв. [10];}$$

$$K_1 = 0,75 \text{ для сталі 40X при HB 248 [10];}$$

$$K_2 = 1,0 [10];$$

$$K_3 = 1,05 [10];$$

$$V_{III} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 126 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV:

$$V_{TIV} = 120 \text{ м/хв. [10];}$$

$$K_1 = 0,75 [10];$$

$$K_2 = 0,8 [10];$$

$$K_3 = 1,0 [10];$$

$$V_{IV} = 120 \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 72 \text{ м/хв.}$$

Позиція V:

$$V_{TV} = 150 \text{ м/хв. [10];}$$

$$K_1 = 0,75 [10];$$

$$K_2 = 1,0;$$

$$K_3 = 1,0 [10];$$

$$V_V = 150 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 125,5 \text{ м/хв.}$$

Позиція VI:

$$V_{T \text{ V}_{\text{Позд.}}} = 30 \text{ м/хв. [10];}$$

$$K_1 = 0,75 [10];$$

$$K_2 = 1,0 [10];$$

$$K_3 = 1,0 \text{ при розвертанні [10];}$$

$$V_{\text{V}_{\text{Позд.}}} = 30 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22,5 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (2.23)$$

$$\text{Позиція II: } n_{\text{IIпоп.}} = \frac{1000 \cdot 63}{\pi \cdot 143,6} = 140 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція III: } n_{\text{IIIпоп.}} = \frac{1000 \cdot 126}{\pi \cdot 60} = 669 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція IV: } n_{\text{IVпозд.}} = \frac{1000 \cdot 72}{\pi \cdot 38,88} = 590 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція V: } n_{\text{Vпозд.}} = \frac{1000 \cdot 125,5}{\pi \cdot 39,88} = 1002 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\text{Позиція VI: } n_{\text{VIпозд.}} = \frac{1000 \cdot 22,5}{\pi \cdot 40} = 180 \text{ хв}^{-1}.$$

Вибираємо з отриманих даних найменшу частоту обертання  $n_{\text{II}} = 140 \text{ хв}^{-1}$ .

Числа зубів змінних зубчастих коліс, які їй відповідають:  $a = 32$ ,  $b = 52$ ,  $c = 22$ ,  $d = 62$  [13].

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{шп}}}{1000}, \quad (2.24)$$

$$\text{Позиція II: } V_{\phi \text{ IIпоп.}} = \frac{\pi \cdot 143,6 \cdot 140}{1000} = 63 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція III: } V_{\text{фIIIпоп.}} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 140}{1000} = 26,4 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція IV: } V_{\text{фIVпозд.}} = \frac{\pi \cdot 38,88 \cdot 140}{1000} = 17 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція V: } V_{\text{фVпозд.}} = \frac{\pi \cdot 39,88 \cdot 140}{1000} = 17,5 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція VI: } V_{\text{фVI}} = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 140}{1000} = 17,6 \text{ м/хв.}$$

б. Сила різання для кожного для позиції II:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.25)$$

Поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{лр}} \cdot K_{\text{гр}}, \quad (2.26)$$

Позиція II:

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n \quad [6];$$

$$n = 0,75 \quad [6];$$

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \quad [6].$$

$$K_{\text{фр}} = 0,89 \quad [6];$$

$$K_{\text{гр}} = 1,0 \quad [6];$$

$$K_{\text{лр}} = 1,0 \quad [6];$$

$$K_{\text{гр}} = 0,87 \text{ при } r \ 0,6 \quad [20];$$

$$K_p = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,94;$$

$$C_p = 300; \ x = 1,0; \ y = 0,75; \ n = -0,15 \quad [20];$$

$$P_{\text{зII}} = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,11^{0,75} \cdot 63^{-0,15} \cdot 0,94 = 10 \cdot 300 \cdot 2,0 \cdot 0,19 \cdot 0,54 \cdot 0,94 = 579 \text{ Н.}$$

Визначаємо силу різання для всіх інших позицій [10]:



$$P_z = P_{z\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.27)$$

Позиція II:

– для різця 2:

$$P_{zII} = 360 \text{ Н [10];}$$

$$K_1 = 0,85 \text{ [10];}$$

$$K_2 = 1,0 \text{ [10];}$$

$$P_{zII} = 360 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 306 \text{ Н.}$$

$$\Sigma P_{zII} = 579 + 306 = 885 \text{ Н.}$$

Позиція III:

$$P_{zIII} = 170 \text{ Н [10];}$$

$$K_1 = 0,85 \text{ [10];}$$

$$K_2 = 1,0 \text{ [10];}$$

$$P_{zIII} = 170 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 144,5 \text{ Н.}$$

Позиція IV:

– для різця 1:

$$P_{zIV} = 700 \text{ Н [10];}$$

$$K_1 = 0,85 \text{ [10];}$$

$$K_2 = 1,0 \text{ [10];}$$

$$P_{zIV} = 700 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 595 \text{ Н.}$$

– для різця 2:

$$P_{zIV} = 360 \text{ Н [10];}$$

$$K_1 = 0,85 \text{ [10];}$$

$$K_2 = 1,0 \text{ [10];}$$

$$P_{zIV} = 360 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 306 \text{ Н.}$$

$$\Sigma P_{zIV} = 595 + 306 = 901 \text{ Н.}$$

Позиція V:

– для різця 1:

$$P_{zV} = 350 \text{ Н [10];}$$

$$K_1 = 0,85 [10];$$

$$K_2 = 1,0 [10];$$

$$P_{zV} = 350 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 297,5 \text{ Н}.$$

– для різця 2:

$$P_{zV} = 350 \text{ Н} [10];$$

$$K_1 = 0,85 [10];$$

$$K_2 = 1,0 [10];$$

$$P_{zV} = 350 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 297,5 \text{ Н}.$$

$$\Sigma P_{zIV} = 297,5 \cdot 2 = 595 \text{ Н}.$$

Позиція VI:

$$P_{zVI} = 180 \text{ Н} [10];$$

$$K_1 = 0,85 [10];$$

$$K_2 = 1,0 [10];$$

$$P_{zVI} = 180 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 153 \text{ Н}.$$

7. Потужність різання на всіх позиціях:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.28)$$

$$\text{Позиція II: } N_{\text{різII}} = \frac{885 \cdot 63}{1020 \cdot 60} = 0,91 \text{ кВт}.$$

$$\text{Позиція III: } N_{\text{різIII}} = \frac{144,5 \cdot 26,4}{1020 \cdot 60} = 0,06 \text{ кВт}.$$

$$\text{Позиція IV: } N_{\text{різIV}} = \frac{901 \cdot 17}{1020 \cdot 60} = 0,25 \text{ кВт}.$$

$$\text{Позиція V: } N_{\text{різV}} = \frac{595 \cdot 17,5}{1020 \cdot 60} = 0,17 \text{ кВт}.$$

$$\text{Позиція VI: } N_{\text{різVI}} = \frac{153 \cdot 17,6}{1020 \cdot 60} = 0,044 \text{ кВт}.$$

Визначаємо сумарну потужність:

$$\Sigma N_{\text{різ}} = N_{\text{різII}} + N_{\text{різIII}} + N_{\text{різIV}} + N_{\text{різV}} + N_{\text{різVI}}, \quad (2.29)$$

$$\sum N_{\text{різ}} = 0,91 + 0,06 + 0,25 + 0,17 + 0,044 = 1,434 \text{ кВт}.$$

8. Необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

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

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

де  $N_{\text{д}}$  – потужність приводу головного руху верстату мод. 1Б240П-6К – 17 кВт ;

$\eta$  – к.к.д. верстата,  $\eta = 0,8$ .

$$N_{\text{шп}} = 17 \cdot 0,8 = 13,6 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{різ}} = 1,434 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 13,6 \text{ кВт}.$$

9. Час робочого ходу [13]:

$$t_p = \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{шп}}}, \quad (2.32)$$

$$t_p = 60 \cdot \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{шп}}} = 60 \cdot \frac{217}{140} = 93 \text{ с.} = 1,55 \text{ хв.}$$

Режими різання на всі решта операції представлено у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>m</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S <sub>m</sub> , мм/хв	T <sub>о</sub> , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>005 Токарна напівавтоматна</b>										
Позиція II Підрізати попередньо торці 25 та 21, обробляючи зовн. поверхню 22, витримуючи розміри 48,8 <sub>-0,62</sub> ; 15 <sub>-0,5</sub> ; Ø102 <sub>-0,87</sub> одночасно з поперечного супорта	2,0 1,0	24 16	1	150	0,11	140	63	15,4	1,55	0,91
Позиція III Підрізати остаточно торець 25, витримуючи розмір 48,4 <sub>-0,25</sub> з поперечного супорта	0,4	16	1	150	0,07	140	26,4	9,8	1,55	0,06
Позиція IV Розточити попередньо отвір 15, точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розміри Ø38,88 <sup>+0,62</sup> Ø141,6 <sub>-1,0</sub> ; l=48,4 <sub>-0,25</sub> одночасно з поздовжнього супорта	1,69 1,0	54,4	1	150 106,5	0,25	140	17	35	1,55	0,25
Позиція V Розточити остаточно отвір 15, точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розміри Ø39,88 <sup>+0,1</sup> ; Ø140,6 <sub>-0,16</sub> ; l=48,4 одночасно з поздовжнього супорта	0,5 0,5	54,4	1	150 106,5	0,25	140	17,5	35	1,55	0,17
Позиція VI. Розвернути остаточно отвір 15, витримуючи розмір Ø40 <sup>+0,087</sup> <sub>+0,025</sub> , з поздовжнього супорта	0,0725	54,4	1	150	0,25	140	17,6	35	1,55	0,044

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>010 Токарна напівавтоматна</b>										
Позиція II Підрізати попередньо торці 10 та 8, витримуючи розмір 48 <sub>-0,62</sub> ; 26,8 <sub>-0,52</sub> одночасно з поперечного супорта	1,0 1,2	42	1	150	0,35	196	67	68,6	0,62	0,86
Позиція III Підрізати остаточно торці 10 та 8, витримуючи розмір 47 <sub>-0,2</sub> ; 26 <sub>-0,2</sub> одночасно з поперечного супорта	0,8 0,4	42	1	150	0,35	196	67	68,6	0,62	0,17
Позиція IV Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 9, витримуючи розміри $\varnothing 99_{-0,87}$ ; 26 <sub>-0,2</sub> з поздовжнього супорта, точити зовнішню фаску 20, витримуючи розмір 1,9×45° з поперечного супорта	2,5	50	1	150	0,41	196	61	80,36	0,62	0,13
	1,9	5,9	1	50	0,1		67	19,6		
<b>015 Вертикально-свердлильна</b>										
Свердлити по кондуктору чотири отвори 11...14, витримуючи розміри $\varnothing 17H14^{+0,43}$ $\varnothing 75\pm 0,1$ ; l=10 одночасно	8,5	18	1	100	0,32	15	280	89,6	0,2	3,21
<b>020 Вертикально-свердлильна</b>										
Свердлити по кондуктору сім отворів 27, 28...33 одночасно з одночасним зенкуванням шести фасок 2...7, витримуючи розміри $\varnothing 10,2^{+0,36}$ ; $\varnothing 9,8^{+0,15}$ ; l=13; $\varnothing 120\pm 0,07$ ; 1×45°	5,1	20	1	100	0,22	16,5	515	113,3	0,18	3,6

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
025 Вертикально-свердлильна										
Нарізати різь 34...39 в шести отворах 28...33, витримуючи розмір M12-7H одночасно		25,5	1	100	1,75	9,35	248	434	0,06	1,8
030 Вертикально-свердлильна										
Розвернути попередньо та остаточно отвір 27, витримуючи розміри $\varnothing 9,96^{+0,022}$ ; $\varnothing 10^{+0,015}$ ; $l=13$	0,08 0,02	46	1	20	0,45	8	255	114,75	0,4	0,8
035 Круглошліфувальна										
Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір $\varnothing 140^{-0,043}_{+0,106}$	0,3	93	1	–	$S_x=$ 0,005 мм/хід $S_o=$ 24мм/ об	114	2,74	–	1,63	3,2

Штучний час робот напівавтомата [13]:

$$T_{шт} = T_{ц} + T_{тех.обсл.} + T_{орг.обсл.} + T_{відп.}, \quad (2.33)$$

Час циклу напівавтомата:

$$T_{ц} = t_{р.х.} + t_{х.х.} \cdot \quad (2.34)$$

Операція 005. Токарна напівавтоматна.

Визначаємо складові формули (2.43):

$t_{х.х.} = 2,5$  с. згідно паспорта верстата мод. 1Б240П-6К та [13].

$t_p = 1,55$  хв. = 93 с.

Тоді,  $T_{ц005} = 93 + 2,5 = 95,5$  с  $\approx 1,6$  хв.

Час на технічне обслуговування [1]:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = t_p \cdot 2\% = 1,55 \cdot 0,02 = 0,031 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування [1].

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{ц}} \cdot 3,1\% = 1,55 \cdot 0,031 = 0,048 \text{ хв.}$$

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

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{ц}} \cdot 9\% = 1,55 \cdot 0,09 = 0,14 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу (2.42):

$$T_{\text{шт.005}} = 1,6 + 0,031 + 0,048 + 0,14 = 1,82 \text{ хв.}$$

Для наступних операцій [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_k \cdot T_o, \quad (2.35)$$

015 Вертикально-свердлильна операція.

$$T_{o015} = 0,2 \text{ хв. } T_{\text{шт.015}} = 1,72 \cdot 0,2 = 0,34 \text{ хв.}$$

020 Вертикально-свердлильна операція.

$$T_{o020} = 0,18 \text{ хв. } T_{\text{шт.020}} = 1,72 \cdot 0,18 = 0,31 \text{ хв.}$$

025 Вертикально-свердлильна операція.

$$T_{o025} = 0,06 \text{ хв. } T_{\text{шт.025}} = 1,72 \cdot 0,06 = 0,1 \text{ хв.}$$

030 Вертикально-свердлильна операція.

$$T_{o030} = 0,4 \text{ хв. } T_{\text{шт.030}} = 1,72 \cdot 0,4 = 0,7 \text{ хв.}$$

035 Круглошліфувальна операція.

$$T_{o035} = 1,63 \text{ хв. } T_{\text{шт.035}} = 2,1 \cdot 1,63 = 3,42 \text{ хв.}$$

Норми часу для операцій представлено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Норми часу для операцій

Номер та назва операції	T <sub>o</sub> , хв	Час циклу н/автомата, T <sub>ц</sub> , хв	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв		T <sub>відп</sub> , хв	T <sub>шт.</sub> , хв
			T <sub>тех.об.</sub>	T <sub>орг.об.</sub>		
1	2	3	4	5	6	7
005 Токарна напівавтоматна	1,55	1,6	0,031	0,048	0,14	1,82
010 Токарна напівавтоматна	0,62	-	-	-	-	0,76
015 Вертикально-свердлильна	0,2	-	-	-	-	0,34

Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7
020 Вертикально-свердлильна	0,18	-	-	-	-	0,31
025 Вертикально-свердлильна	0,06	-	-	-	-	0,1
030 Вертикально-свердлильна	0,4	-	-	-	-	0,7
035 Кругло-шліфувальна	1,63	-	-	-	-	3,42



## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1. Опис конструкції пристосування для механічної обробки

Пристосування спроектоване для виконання вертикально-свердлильної операції 035 – розвертання отвору  $\varnothing 10H7^{(+0,015)}$ ;  $R_a 1,6$  в деталі “Маточина” КС6В-47.814.

Для виконання поставлених технологічних завдань, передбачених в технологічному процесі на виготовлення даної деталі, остання базується в пристосуванні по двох отворах  $\varnothing 40F9^{(+0,087}_{+0,025})$ .  $R_a 3,2$  на циліндричний палець 16, по  $\varnothing 17H14$   $R_a 12,5$  на зрізаний палець 17; та плоскій поверхні 47.

Пристосування складається з наступних елементів: зварного складного корпусу 1, установочної плити 15 з двома установочними пальцями (циліндричним 16 та зрізаним 17), на які базується деталь. В центральному отворі корпусу розміщена тяга 11, один кінець якої з'єднаний із поршнем 2 пневмоциліндра, а другий кінець тяги з'єднаний з важелем 12. Важіль 12 має можливість коливного руху відносно вісі 18.

Коромисло 14 вільно закріплено на важіль 12 і має змогу самоцентруватись. На вісях 21 з можливістю обертового руху встановлено два притискачі 22, які з'єднані з коромислом 14 за допомогою вісей 19. До корпусу 1 пристосування гвинтами 33 прикріплено захисний кожух 20, який закриває рухомі органи пристосування, виконуючи захисну функцію.

Принцип роботи даного пристосування полягає в наступному: із пневмосистеми стиснуте повітря подається в штокову частину пневмоциліндра, внаслідок чого поршень 2 разом із штоком 11 переміщується вниз. Це призводить до провертання важеля 12 навколо вісі 18, який передає зусилля на коромисло 14. При переміщенні коромисла 14 вправо через вісі 19 здійснюється затиск заготовки двома притискачами 22.

Для розтискання заготовки стиснуте повітря подається в поршневу частину пневмоциліндра, поршень зі штоком переміщується ввверх; важіль 12 переміщує

коромисло 14 вліво і притискачі 22 розходяться від центру пристрою, тим самим розтискаючи заготовку.

### 3.2. Розрахунок похибки пристосування

Похибка установки деталі “Маточина” КС6В-47.814 в пристрої [9].

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

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

Умова забезпечення точності розмірів при розвертанні отвору  $\varnothing 10\text{H}7^{(+0,015)}$ ;  $R_a 1,6$  із застосуванням пристосування:

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

де  $\Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}}$  – допустима похибка установки.

На операції 035 вертикально-свердлильній проводиться розвертання отвору  $\varnothing 10\text{H}7^{(+0,015)}$  при витримуванні відстані від баз  $120 \pm 0,07\text{мм}$ .

Точність розміру  $\varnothing 10\text{H}7^{(+0,015)}$  залежить від точності розвертки. Тому похибка  $\Delta \varepsilon_{y\varnothing} = 0$  на цей розмір.

Розраховуємо похибку установки тільки на розмір  $120 \pm 0,07\text{мм}$ . Для цього розробляємо схему розрахунку похибки установки на вертикально-свердлильній операції 035.

Розраховуємо похибку установки для досягнення розміру  $120 \pm 0,07$ , тобто симетричності вісі отвору відносно центру деталі або відносно технологічних баз. Технологічними базами є циліндричний та зрізаний пальці відповідно до конструкції пристосування. На основі схеми, похибка базування на розмір 120:

$$\Delta \varepsilon_{y120} = S_{\text{max}},$$

де  $S_{\text{max}}$  – максимальний зазор при базуванні на циліндричний палець.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}, \quad (3.3)$$

де  $D_{\max}$  – максимальний діаметр отвору  $\varnothing 40F9(+0,087 / +0,025)$ .

$d_{\min}$  – мінімальний діаметр циліндричного пальця  $\varnothing 40h6(-0,016)$ .

$$D_{\max} = 40,087 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = 40 + (-0,016) = 39,984 \text{ мм.}$$

$$\text{Отже, } \Delta \varepsilon_{y65} = 40,087 - 39,984 = 0,103 \text{ мм.}$$

$$\text{Похибка закріплення } \Delta \varepsilon_{z65} = 0,040 \text{ мм.}$$

Похибка  $\varepsilon_{\text{пр}}$  включає похибки виготовлення та похибки зношення конструктивних елементів пристосування. Згідно [13] для середньої точності пристосувань:  $\Delta \varepsilon_{\text{пр}} = 0,015$  мм.

Тоді похибка установки деталі “Маточина” КС6В-47.814 в пристрої:

$$\Delta \varepsilon_{y65} = \sqrt{\Delta \varepsilon_{z65}^2 + \Delta \varepsilon_{y120}^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}120}^2} = \sqrt{0,103^2 + 0,040^2 + 0,015^2} = 0,112 \text{ мм.}$$

Допустима похибка установки  $\Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}}$  при виконанні розміру  $\varnothing 10H7(+0,015)$ :

$$\Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}} = \delta. \quad (3.4)$$

де  $\delta$  – допуск на розмір  $120 \pm 0,07$ ,  $\delta = 0,14$  мм.

Отже,  $\Delta \varepsilon_{y120} = 0,112$  мм  $<$   $\Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}} = 0,14$  мм., відповідно розвертання отвору  $\varnothing 10H7(+0,015)$  можливе із заданою точністю.

### 3.3. Розрахунок приводу пристосування

Для встановлення необхідних сил затиску деталі “Маточина” КС6В-47.814 на 035 вертикально-свердлильній операції розроблено розрахункову схему під час розвертання отвору.

Заготовка базується на два пальці і чисто оброблену площину та затискається двома притискачами із силою затиску  $P_{\text{зат}}$  через важелі. Під час розвертання на деталь діє крутний момент різання  $M_{\text{різ}}$ .

Розрахункова сила для затиску деталі з умови рівноваги:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат2}} \cdot f_2 \cdot R = K \cdot M_{\text{різ}}, \quad (3.5)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і притискачами;

$R$  – радіус затиску заготовки. Відповідно до креслення

$$R = \frac{D_1}{2} = \frac{140}{2} = 70 \text{ мм} = 0,07 \text{ м.}$$

Момент різання [20]:

$$M_{\text{різ}} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100}, \quad (3.6)$$

де  $C_p=200$ ,  $x=1,0$ ,  $y=0,75$ ;

$S_z=0,075$  мм/зуб;

$D=10$ мм;

$z$  – кількість зубів розвертки,  $z=6$ ;

$t$  – глибина різання,  $t=0,08$  мм.

$$M_{\text{різ}} = \frac{200 \cdot 0,08^1 \cdot 0,075^{0,75} \cdot 10 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 0,69 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$K$  – коефіцієнт запасу. Вибирається згідно [6]

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Оскільки коефіцієнт запасу одержаний менше величини 2,5 ( $K = 1,8$ ), тоді приймаємо  $K = 2,5$ .

$f_1 = 0,2$  [6].

Оскільки  $P_{\text{заг } 1} = P_{\text{заг } 2}$ , тоді з рівняння (3.5) одержано

$$2 P_{\text{заг}} \cdot f_1 \cdot R = K \cdot M_{\text{різ}}.$$

Отже, розрахункова сила для затиску деталі на двох притискачах:

$$P_{\text{заг}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{2 \cdot f_1 \cdot R} = \frac{2,5 \cdot 0,69}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,07} = 61,6 \text{ Н.} \quad (3.7)$$

*Перевірочний розрахунок.*

Перевіряємо умову стабільного затиску деталі під час обробки:

$$Q_1 \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i, \quad (3.8)$$

де  $F_{\text{шт}}$  – сила, сформована на штоці пневмоциліндра;

$i$  – передаточне відношення проміжного механізму затискного пристрою.

Для приводу вибраний стандартний пневмоциліндр двохсторонньої дії з діаметром циліндра  $D = 100$  мм, діаметром штоку  $d = 32$  мм. Силу, сформовану на штоці пневмоциліндра знаходимо за формулою [14]:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.9)$$

де  $D_{\text{ц}} = 0,1$  м;  $d_{\text{шт}} = 0,032$  м;  $p = 0,4 \cdot 10^6$  Па;  $\eta = 0,9$ . [14].

Тоді одержуємо  $F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,032^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2536,6$  Н.

Передаточне відношення проміжного механізму затискного пристрою відповідно до конструкції, що представлена на кресленні:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}}}{l_2} \cdot \frac{l_1}{l_3} \cdot \eta, \quad (3.10)$$

де  $l_1 = 86$  мм;  $l_2 = 65$  мм;  $l_4 = 55$  мм;  $l_3 = 47$  мм;  $\eta = 0,9$ .

Із рівняння (3.10) одержано  $W = 2536,6 \cdot \frac{86}{65} \cdot \frac{55}{47} \cdot 0,9 = 3535$  Н.

Умова для надійності закріплення заготовки:

$$W > P_{\text{зат}}.$$

На основі розрахунків встановлено, що  $W = 3535 \text{ Н} > P_{\text{зат}} = 61,6 \text{ Н}$ .

Висновок: деталь “Маточина” КС6В-47.814 надійно буде закріплена при розвертанні на 035 вертикально-свердлильній операції.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Методи зниження вібрацій та шуму на дільниці виготовлення деталі

Зниження вібрації у джерелі виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Тому ще на стадії проектування машин та механічних пристроїв потрібно вибрати кінематичні схеми, в яких динамічні процеси, викликані ударами та прискореннями, були б виключені або знижені.

Налагодження режиму резонансу. Для послаблення вібрацій істотне значення має запобігання резонансним режимам роботи з метою виключення резонансу з частотою збурювальної сили. Власні частоти окремих конструктивних елементів визначаються розрахунковим методом за відомими значеннями маси та жорсткості або ж експериментально на стендах.

Вібродемпферування. Цей метод зниження вібрацій реалізується шляхом перетворення енергії механічних коливань коливної системи в теплову енергію.

Збільшення витрат енергії в системі здійснюється за рахунок використання в якості конструктивних матеріалів з великим внутрішнім тертям: пластмас металогуми, сплавів марганцю та міді, нікелетитанових сплавів, нанесення на вібруючі поверхні шару пружнов'язких матеріалів, які мають великі втрати на внутрішнє тертя.

Найбільший ефект при використанні вібродемпферних пристроїв досягається в області резонансних частот, оскільки при резонансі значення впливу сил тертя на зменшення амплітуди зростає.

Віброгасіння. Для динамічного гасіння коливань використовуються динамічні віброгасії: пружинні маятникові, ексцентрикові, гідравлічні, вони являють собою додаткову коливну систему з масою  $m$  та жорсткістю  $q$ , власна частота якої налаштована на основну частоту коливань даного агрегату, що має масу  $M$  та жорсткість  $Q$ , віброгасій кріпиться на вібрувальному агрегаті й налаштовується таким чином, що в ньому в кожний момент часу збуджуються

коливання, які знаходяться у протифазі з коливаннями агрегату.

Недоліком динамічного гасія є те, що він діє лише за певної частоти, яка відповідає його резонансному режиму коливань.

Віброізоляція полягає у зниженні передачі коливань від джерела збудження до об'єкта, що захищається, шляхом введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку.

Цей зв'язок запобігає передачі енергії від коливного агрегату до основи або від коливної основи до людини або до конструкцій, що захищаються.

Засоби індивідуального захисту від вібрації застосовуються у випадку, коли розглянуті вище технічні засоби не дозволяють знизити рівень вібрації до норми.

Для захисту рук використовуються рукавиці, вкладиші, прокладки. Для захисту ніг — спеціальне взуття, підметки, наколінники. Для захисту тіла — нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

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.

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 м<sup>3</sup>) 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.

Засоби індивідуального захисту від шуму — протишуми — використовують тоді, коли технічні засоби не забезпечують його зниження до безпечного рівня. Тип засобу протишуму вибирають за рівнем і спектром шуму. Застосовують десятки варіантів вкладишів (втулки, тампони тощо), навушники і шоломи для ізоляції зовнішнього слухового ходу від шуму різного спектрального складу. До протишумових вкладишів, які вставляють у слуховий хід, належать заглушки у вигляді тампонів, гумові ковпачки, циліндри із

спеціального пінопласту, пластичні вкладиші (виготовлені індивідуально за формою слухового ходу), а також вкладиші одноразового використання. Ефективними вважаються вкладиші із суміші волокон органічної бактерицидної вати і ультратонких полімерних волокон — беруши.

Зручними щодо експлуатації і гігієни є протишумові навушники. Протишумові шоломи — громіздкі й дорогі, їх використовують при дуже високих рівнях шуму в комбінації з навушниками і протишумовими костюмами. Використання засобів протишуму дає змогу уникнути не тільки зниження слуху, а й порушення функцій нервової системи.

Зменшення тривалості контакту з шумом, застосування раціонального режиму праці та відпочинку, періодичного короткочасного відпочинку від шуму протягом робочого дня, суміщення професій в умовах шуму і його відсутності значно знижують негативний вплив шуму. Для профілактики несприятливого впливу імпульсного шуму рекомендується заповнювати паузи між імпульсами рівним фоновим шумом. При цьому різниця між рівнями фону та імпульсного шуму не повинна перевищувати 20 дБ. З метою підготовки працівника до чергового імпульсу шуму використовують світлові застережні сигнали.

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

Чинним законодавством передбачено, що фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем, але фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах.

Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від суми реалізованої продукції.

На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 відсотка від фонду оплати праці.

Серед стимулюючих заходів, передбачених Законом, слід відзначити:

- визначення можливості запровадження пільгового оподаткування цільових витрат на заходи щодо охорони праці;

- започаткування принципів диференціації внесків на державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та профзахворювань із застосуванням заохочувальних тарифів для підприємств з належною організацією роботи і високим рівнем охорони праці (і навпаки – збільшення тарифів для підприємств з незадовільним станом умов і безпеки праці);

- заходи індивідуального заохочення працівників за активну роботу та ініціативу у вирішенні проблем охорони праці (повинні відображатися у колективному договорі і включати підвищення розміру заробітної плати, призначення премії, в тому числі запровадження спеціальних премій за досягнення в галузі безпеки праці, разових за конкретно виконану роботу,

винахідництво і раціоналізаторські пропозиції; різні види морального заохочення).

Кошти фонду охорони праці підприємства використовуються лише на виконання комплексних заходів, забезпечуючи досягнення встановлених нормативів з охорони праці, узгоджених з місцевими органами Держпромгірнагляду, а також на подальше підвищення рівня охорони праці на виробництві.

Ці кошти повинні витратитись на ремонтні й інші роботи, пов'язані з підтримкою основних фондів (включаючи інженерно-технічні засоби безпеки; засоби колективного та індивідуального захисту працюючих) в належному технічному стані, на придбання спецодягу, молока, мийних засобів; надання передбачених пільг і компенсацій працюючим, упорядкованість та озеленення території, а також на природоохоронні заходи.

Витрачати кошти, передбачені на заходи по охороні праці, на інші цілі забороняється (ст. 162 КЗпП).

Суми витрат з охорони праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра у загально-технічній та технологічній частині проведено аналіз технічних вимог деталі “Маточина” КС6В-47.814 та її службове призначення. Також проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі. Тип виробництва, встановлений після розрахунків, – масовий. Раціональний метод отримання заготовки – штамповка. Розробили технологічний процес виготовлення маточини. При зміні типу виробництва із серійного на масовий проведено заміну обладнання і оснащення. Зокрема, координатно-розточні верстати 2421 та токарно-гвинторізні 16К20 замінено на горизонтальні токарні напівавтомати, свердлильні операції виконуються на свердлильному верстаті з багатошпindelною свердлильною головою. 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 багатоінструментальних наладок та суміщення переходів, а також впровадження в технологічний процес раціонального методу отримання заготовки – штамповки.

## 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. Спра-

вочник. 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.