

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

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

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення  
маточини 720.24.816

Виконав: студент IV курсу, групи МПс-41  
спеціальності 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Соровіщак І.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Окіпний І.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Ткаченко І.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Окіпний І.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

## РЕФЕРАТ

У першому розділі визначено, що деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною за якісними та кількісними показниками і не потребує змін у конструкції та матеріалу. Матеріал деталі чавун КЧ-33-08 має хороші ливарні властивості.

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 використано обладнання та пристосування, що характерні для середньосерійного типу виробництва, зокрема застосування універсальних токарних верстатів з ЧПК. Програма випуску деталі “Маточина” 720.24.816 відповідає крупносерійному типу виробництва, тому технологічний процес виготовлення цієї деталі потребує заміни з метою підвищення продуктивності виробництва.

У другому розділі для визначення типу виробництва застосовано розрахунково аналітичний метод, що ґрунтується на визначенні коефіцієнта закріплення операцій. Розрахований тип виробництва – крупносерійний. Проведено порівняння двох варіантів виготовлення заготовки: лиття в піщані форми та лиття в кокіль. Представлено схеми базування деталі. Розглянуто варіанти механічної обробки деталі “Маточина” 720.24.816 з врахуванням можливостей різних процесів щодо досягнення показників якості оброблених поверхонь. Розроблено операційну технологію оброблення даної деталі. Проведено розрахунок і вибір припусків, режимів оброблення та технічних норм часу.

У третьому розділі для одночасного свердління шести отворів на 020 вертикально-свердлильній операції спроектовано кондуктор та шестишпindelьну свердлильну головку, проведено їх розрахунок.

## ЗМІСТ

<b>Вступ .....</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.....	
2.4. 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. Розрахунок пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок різального і допоміжного інструменту.....	
<b>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</b>	
4.1. Розрахунок кількості засобів пожежогасіння для розміщення на ділянці виготовлення деталі.....	
4.2. Права працівників при укладанні трудових договорів щодо охорони праці.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

## ВСТУП

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес механічного оброблення маточини 720.24.816. Деталь використовується в колесі машини для внесення мінеральних добрив в ґрунт. Виготовляється з чавуну марки КЧ-33-08, що має хороші ливарні властивості.

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 використано обладнання та пристосування, що характерні для середньо серійного типу виробництва, зокрема застосування універсальних токарних верстатів з ЧПК, алмазно-розточного верстата для оброблення поверхні підвищеної точності, вертикально-свердлильних на різьбонарізного верстата для оброблення малих отворів. При цьому оброблення отворів виконується послідовно, що вимагає збільшення штучного часу обробки на вертикально-свердлильних операціях. Для затиску заготовок на вертикально-свердлильних операціях використано пристрої з ручним механічним приводом, що також збільшує штучний час обробки деталей.

Програма випуску деталі “Маточина” 720.24.816 відповідає крупносерійному типу виробництва, тому у технологічний процес виготовлення цієї деталі внесено заміни з метою підвищення продуктивності виробництва. Зокрема, токарні верстати з ЧПК замінено на токарні вертикальні багатошпиндельні напівавтомати, на яких можна застосувати принцип концентрації операцій з одночасною обробкою декількох поверхонь деталі та скоротити основний час обробки; на вертикально-свердлильних верстатах застосовано багатошпиндельні свердлильні головки для одночасної обробки осьовими інструментами декількох отворів, що значно скорочує основний час обробки деталі.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Маточина 720.24.816 використовується в колесі машини для внесення мінеральних добрив в ґрунт.

На колесо маточина 720.24.816 встановлюється по базовій поверхні 14 з розміром  $\varnothing 165f9$  разом з гальмівним барабаном. Для обода колеса базовою є поверхня 2 з розміром  $\varnothing 165$ .

Базовими поверхнями є 1 і 15 з розмірами  $\varnothing 100P7$ ;  $\varnothing 120P7$ , в які запресовуються підшипники 7511 і 7513.

Чотири різьбові отвори М6-7Н використовуються для кріплення кришки.

Шість отворів  $\varnothing 18H9$  і шість пазів з розмірами  $\varnothing 235H11$  і  $\varnothing 185 h11$  використовуються для кріплення гальмівного барабана за допомогою шпильок.

Дві канавки  $b=3$  є технологічними і використовуються для виходу різця при алмазному розточуванні отворів  $\varnothing 100P7$  і  $\varnothing 120P7$ .

Деталі даного типу широко використовуються в машинобудуванні. В даному випадку деталь забезпечує правильне встановлення колеса на машину.

До основних поверхонь деталі відносяться такі поверхні: отвори з розміром  $\varnothing 100P7$  і  $\varnothing 120P7$  і шорсткістю поверхонь Ra 1,6. Розміри цих отворів забезпечують правильне запресовування підшипників.

Розмір  $\varnothing 165f9$  технічно забезпечує правильне встановлення маточини 720.24.816 на колесо і роботу колеса в цілому.

Шість отворів  $\varnothing 18H9$  і шість пазів з розмірами  $\varnothing 235H11$ ,  $\varnothing 185h11$  забезпечують правильне кріплення гальмівного барабану і маточини.

На кресленні деталі 720.24.816 введено пункт технічних вимог - зміщення осей шість отворів  $\varnothing 18H9$  не більше 0,1 мм від їх номінального розміщення і від осі отвору  $\varnothing 120P7$ .

Чотири отвори М6-7Н використовуються для кріплення кришки до маточини і тому в кресленні деталі 720.24.816 введено пункт технічних вимог:

зміщення осей 4 отворів М6-7Н не більше 0,25 мм від їх номінального розміщення і від осі отвору Ø100P7.

Всі інші поверхні деталі виконані по 14-му квалітету точності є другорядними і суттєво не впливають на роботу даної деталі.

Деталь “Маточина” 720.24.816 виготовляється з чавуну марки КЧ-33-08. Даний матеріал широко застосовується для виготовлення деталей, які працюють при статичних і динамічних навантаженнях. У таблицях 1.1 та 1.2 представлено механічні властивості і хімічний склад чавуну КЧ-33-08

Таблиця 1.1 – Механічні властивості чавуну КЧ-33-08

Границя міцності (кг/мм <sup>2</sup> )	Границя текучості (кг/мм <sup>2</sup> )	Відносне продовження (мм)	Ударна в'язкість (кг/см <sup>2</sup> )	Твердість по Брюнелю
30 ÷ 75	33	8	10	100 ÷ 163

Таблиця 1.2 – Хімічний склад в (%) чавуну КЧ-33-08

C	Si	Mn	S	P	Cr
2,3 ÷ 3,0	0,7 ÷ 1,5	0,3 ÷ 1,0	≤ 0,12	< 0,18	< 0,08

## 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Аналіз технічних вимог деталі “Маточина” 720.24.816 представлено у таблиці 1.3. Для проведення аналізу попередньо кожній із поверхонь, що обробляються різанням присвоєні порядкові номери. Після цього вибирались основні параметри точності та шорсткості поверхонь.

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних вимог деталі “Маточина” 720.24.816

Номер поверхні	Назва поверхні, позначення	Квалітет	Шорсткість (мкм)
1	2	3	4
1	Отвір Ø100P7	7	Ra 1,6
15	Отвір Ø120P7	7	Ra 1,6
2	Циліндрична зовнішня поверхня Ø165h14	14	Rz 80

### Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
3	Циліндрична зовнішня поверхня Ø185h11	11	Rz 80
4	Отвір Ø235H11	11	Rz 80
5	Розмір канавки 6 <sup>+0.48</sup>	11	Rz 40
6,13	Торцеві поверхні Ø25h14	14	Rz 40
7...12	Фаски 1×45°	14	Rz 80
14	Зовнішня циліндрична поверхня Ø165f9	9	Ra 2,5
16,17	Фаски 2×45°	14	Rz 80
18,19	Торцеві поверхні Ø115h14	14	Rz 80
20...23	Внутрішні різьбові М6-7Н	12	Rz 40
24...29	Отвори Ø18H9	9	Ra 2,5
30...35	Фаски внутрішні 6,3×120°	14	Rz 80
36,37,38, 40,41,42	Розмір канавок b=3H14	14	Ra 6,3
39	Внутрішня циліндрична Ø95H14	14	Rz 80
43	Внутрішня циліндрична Ø115H14	14	Rz 80

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Річна програма випуску деталей “Маточина” 720.24.816 складає N = 65000 шт., що відповідає крупносерійному типу виробництва. Матеріал деталі чавун КЧ-33-08 має хороші ливарні властивості. Тому заготовку доцільно виготовляти методами литва, при цьому для формування внутрішніх поверхонь потрібне застосування спеціальних стержнів. В загальному такі литі заготовки відносяться до середнього рівня складності. Тому в заміні матеріалу немає потреби.

Для механічного оброблення деталі в умовах крупно серійного типу виробництва можливе застосування висопродуктивних напівавтоматів а також багато інструментальних наладок, оскільки забезпечується вільний доступ інструментів до оброблюваних поверхонь. В деталі присутні базові поверхні достатньої точності для чорнової обробки поверхонь з наступним формуванням чистових баз. Для контролю поверхонь деталі можливе застосування як універсальних, так і спеціальних інструментів.

Отже, деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною за якісними показниками.

Кількісні показники технологічності деталі “Маточина” 720.24.816 визначено за коефіцієнтами технологічності, що повинні знаходитись у визначених границях. Розрахунок коефіцієнтів технологічності проведено на основі даних таблиці 1.3.

Коефіцієнт точності обробки

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 23 + 12 \cdot 4 + 11 \cdot 3 + 9 \cdot 7 + 7 \cdot 2}{39} = 12,3;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,3} = 0,92.$$

При  $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$  деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості.

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 9 + 4 \cdot 9 + 3 \cdot 21}{39} = 3,69,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,69} = 0,27.$$

При  $K_{\text{ш}}=0,27 > 0,16$  деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{32}{39} = 0,82,$$

При  $K_{\text{у.е.}} > 0,8$  деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною.

Отже, деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною за якісними та кількісними показниками і не потребує змін у конструкції.



#### 1.4. Аналіз базового технологічного процесу

У таблиці 1.4 представлено основні характеристики базового технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816, де представлено зміст операцій оброблення деталі, обладнання, що використовується та коротка характеристика пристосувань для базування та закріплення заготовки.

Таблиця 1.4 – Основні характеристики базового технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816

Номер і назва операції	Обладнання	Пристосування
1	2	3
005. Токарна з ЧПК 1) Підрізати торець 18. Чорнове, напівчистове, чистове розточування отвору 15, розточування фаски 16, розточування отвору 43, розточування канавки $b=3$ чорнове, напівчорнове, чистове обточування $\varnothing 165f9$	Верстат токарний ЧПК 16К30Ф3	Патрон трьохкулачковий пневматичний з базуванням по чорнових поверхнях 1 і 19
010. Токарна з ЧПК Підрізати торці 16, 6 Розточити канавку $b=3$ , розточування отвору 39, чорнове, напівчистове, чистове розточування отвору 1, обточування канавки 3, 4, обточування поверхні 2, розточування фаски 17.	Верстат токарний ЧПК 16К30Ф3	Патрон цанговий з базуванням по поверхнях 15 ,18
015. Алмазно-розточна Тонке розточування отворів $\varnothing 100P7_{-0,024}^{-0,059}$ , $\varnothing 120P7_{-0,024}^{-0,059}$	Алмазно-розточний верстат 2Т10	Пристосування спеціальне з базуванням по поверхнях 13, 14
020.Вертикально-свердлильна Свердлити послідовно 6 отворів $\varnothing 16,5_{+0,43}$	Вертикально-свердлильний 2Н135	Кондуктор з ручним механічним затиском. Базування по поверхнях 15 ,18.

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3
025.Вертикально-свердлильна Зенкувати послідовно 6 отворів Ø17,8 <sup>+0,11</sup>	Вертикально-свердлильний 2Н135	Кондуктор з ручним механічним затиском. Базування по поверхнях 15, 18.
030.Вертикально-свердлильна Розвернути послідовно 6 отворів Ø18Н9 <sup>+0,042</sup>	Вертикально-свердлильний 2Н135	Кондуктор з ручним механічним затиском. Базування по поверхнях 15, 18.
035.Вертикально-свердлильна Зенкувати 6 фасок 1,6×45°	Вертикально-свердлильний 2Н135	Підставка спеціальна з базуванням по поверхнях 15, 18
040.Вертикально-свердлильна Свердлити послідовно 4 отвори Ø5 <sup>+0,42</sup>	Вертикально-свердлильний 2Н135	Кондуктор з ручним механічним затиском з базуванням по поверхнях 18, 15
045.Вертикально-свердлильна Зенкувати послідовно 4 фаски витримуючи розмір Ø6,3×120°	Вертикально-свердлильний 2Н135	Підставка спеціальна з базуванням по поверхнях 15, 18
050. Різьбонарізна Нарізати різьбу М6-7Н в 4-х отворах	Різьбонарізний 2056	Підставка спеціальна з базуванням по поверхнях 15, 18.

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 використано обладнання та пристосування, що характерні для середньо серійного типу виробництва, зокрема застосування універсальних токарних верстатів з ЧПК, алмазно-розточного верстата для оброблення поверхні підвищеної точності, вертикально-свердлильних на різьбонарізного верстата для оброблення малих отворів. При цьому оброблення отворів виконується послідовно, що вимагає збільшення штучного часу обробки на вертикально-свердлильних операціях. Для затиску заготовок на вертикально-свердлильних операціях використано пристрої з ручним механічним приводом, що також збільшує штучний час обробки деталей.

## 1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

Деталь “Маточина” 720.24.816 є технологічною за якісними та кількісними показниками і не потребує змін у конструкції та матеріалу. Матеріал деталі чавун КЧ-33-08 має хороші ливарні властивості. Тому заготовку доцільно виготовляти методами литва, при цьому для формування внутрішніх поверхонь потрібне застосування спеціальних стержнів.

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 використано обладнання та пристосування, що характерні для середньо серійного типу виробництва, зокрема застосування універсальних токарних верстатів з ЧПК, алмазно-розточного верстата для оброблення поверхні підвищеної точності, вертикально-свердлильних на різьбонарізного верстата для оброблення малих отворів. Програма випуску деталі “Маточина” 720.24.816 відповідає крупносерійному типу виробництва, тому технологічний процес виготовлення цієї деталі потребує заміни з метою підвищення продуктивності виробництва.

У проектному технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 доцільно внести такі зміни:

- токарні верстати з ЧПК можна замінити на токарні вертикальні багатошпиндельні напівавтомати, на яких можна застосувати принцип концентрації операцій з одночасною обробкою декількох поверхонь деталі та скоротити основний час обробки;

- на вертикально свердлильних верстатах можна застосувати багатошпиндельні свердлильні головки для одночасної обробки осьовими інструментами декількох отворів, що значно скорочує основний час обробки деталі.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Визначення типу виробництва

На основі даних про масу деталі “Маточина”  $720.24.816 m = 8,8$  кг та програми випуску  $N = 65\ 000$  шт визначаємо наближено тип виробництва крупно серійний за даними таблиць довідників.

Для точнішого визначення типу виробництва застосуємо розрахунково аналітичний метод, що ґрунтується на визначенні коефіцієнта закріплення операцій на основі вихідних даних щодо операцій базового технологічного процесу та витрат часу на кожну із операцій. Вихідні дані про базовий технологічний процес представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані про базовий технологічний процес

Операція	Штучно-калькуляційний час $T_{шт.к}$ (хв)
005 Токарна з ЧПК	4,8
010 Токарна з ЧПК	5,2
015 Алмазно-розточна	3,60
020 Вертикально-свердлильна	1,9
025 Вертикально-свердлильна	1,8
030 Вертикально-свердлильна	1,95
035 Вертикально-свердлильна	0,9
040 Вертикально-свердлильна	0,8
045 Вертикально-свердлильна	1,90
050 Різенарізна	2,9

Визначаємо кількість верстатів , що застосовуються у кожній із операцій [1]:

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

де  $F_d=3980$  кількість робочих годин (робота у дві зміни);

$\eta_{з.н.}$  – коефіцієнт завантаження обладнання. Приймаємо  $\eta_{з.н.} = 0,8$ .

Визначаємо кількість робочих місць  $P$ :

$$m_{p005} = \frac{65000 \cdot 4,8}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 1,63. P_{005} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p010} = \frac{65000 \cdot 5,2}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 1,77. P_{010} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p015} = \frac{65000 \cdot 3,6}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 1,22. P_{015} = 2 \text{ верстати.}$$

$$m_{p020} = \frac{65000 \cdot 1,9}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,64. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{65000 \cdot 1,8}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,61. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{65000 \cdot 1,95}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,66. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p035} = \frac{65000 \cdot 0,9}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,31. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{65000 \cdot 1,9}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,65. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p045} = \frac{65000 \cdot 0,8}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,27. P_{045} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p050} = \frac{65000 \cdot 2,9}{60 \cdot 3980 \cdot 0,8} = 0,99. P_{050} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження [1]:

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

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{1,63}{2} = 0,82.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{1,77}{2} = 0,89.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{1,22}{2} = 0,61.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,64}{1} = 0,64.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,61}{1} = 0,61.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,66}{1} = 0,66.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,31}{1} = 0,31.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,65}{1} = 0,65.$$

$$\eta_{з.ф.045} = \frac{0,27}{1} = 0,27.$$

$$\eta_{з.ф.050} = \frac{0,99}{1} = 0,99.$$

Кількість операцій закріплених на одному робочому місці [1]:

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

$$O_{005} = \frac{0,8}{0,82} = 0,99. \quad O_{005} = 1 \text{ операцію.}$$

$$O_{010} = \frac{0,8}{0,89} = 0,9. \quad O_{010} = 1 \text{ операцію.}$$

$$O_{015} = \frac{0,8}{0,61} = 1,31. \quad O_{015} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{020} = \frac{0,8}{0,64} = 1,25. \quad O_{020} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{025} = \frac{0,8}{0,61} = 1,31. \quad O_{025} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{030} = \frac{0,8}{0,66} = 1,21. \quad O_{030} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{035} = \frac{0,8}{0,31} = 2,58. O_{035} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{040} = \frac{0,8}{0,65} = 1,23. O_{040} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{045} = \frac{0,8}{0,27} = 2,96. O_{045} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{050} = \frac{0,8}{0,99} = 0,81. O_{050} = 1 \text{ операцію.}$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{1+1+2+2+2+2+3+2+3+1}{13} = \frac{19}{13} = 1,46.$$

При  $K_{з.о.} = 1,46$  тип виробництва – великосерійний.

Такт випуску деталей [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N}, \quad (2.4)$$

$$t_B = \frac{60 \cdot 3980}{65000} = 3,67 \text{ хв.}$$

Величина оптимальної партії деталей [1]:

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

$$n = \frac{65000 \cdot 5}{257} = 1264 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1265 шт.

Розмір партії коректується при організації виробництва.

## 2.2. Вибір способу одержання заготовки

Враховуючи конструкцію деталі “Маточина” 720.24.816 та її матеріал, заготовку можна отримати тільки литтям.

Вибираємо 2 варіанти виготовлення заготовки:

I – варіант: лиття в піщані форми;

II – варіант: лиття в кокіль.

Лиття в піщані форми згідно ГОСТ26645-85 дає нам заготовку 7÷13 класу точності і 4-й ряд припусків. Приймаємо 10 клас точності і 4-й ряд припусків.

Лиття в кокіль згідно ГОСТ26645-85 дає нам заготовку 6÷11 класу точності і 2÷4 ряд припусків. Приймаємо 8 клас точності і 3-й ряд припусків.

Вибираємо допуски і припуски та записуємо дані в таблицю 2.2.

На основі даних таблиці 2.2 виконуємо креслення двох варіантів виготовлення заготовок, що представлено на рисунках 2.1 та 2.2. Це також дозволяє визначити розміри маси розглянутих варіантів заготовок.

Таблиця 2.2 – Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня	Параметр шорсткості, мкм	Допуск, мм	Загальний припуск	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1. Заготовка - лиття в піщану форму				
Ø 100P7	Ra 1,6	2,8	2×4,2	Ø91,8±1,4
115h14	Rz40	3,2	5,0±5,0	125±1,6
Ø120P7	Ra 1,6	3,2	2×5,0	Ø110 ±1,6
25h14	Rz 40	1,8	3,4+3,4	31,6 ±0,9
Ø165f9	Ra 2,5	3,6	2×5,0	Ø175 ±1,8
Ø165h14	Rz 40	3,6	2×5,0	Ø175±1,8
Ø95H14	Rz 80	2,8	2×4,2	Ø86,2±1,4
8h14	Ra 6,3	1,4	3,0	11± 0,7
Ø115H14	Rz 80	3,2	2×5,0	Ø105±1,6



Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5
2. Заготовка - литво в кокіль				
Ø100P7	Ra 1,6	1,4	2×2,4	Ø95,2±0,7
Ø120P7	Ra 1,6	1,6	2×2,4	Ø115,2±0,8
Ø165f9	Ra 2,5	1,8	2×2,8	Ø170,6±0,9
Ø165h14	Rz 80	1,8	2×2,8	Ø170,6±0,9
Ø95H14	Rz 80	1,4	2×2,4	Ø90,2±0,7
Ø115H14	Rz 80	1,6	2×2,4	Ø110,2±0,8
115h14	Rz 40	1,6	2,4+2,4	119,8±0,8
25h14	Rz 40	1,0	2,0+2,0	29±0,5
8h14	Ra 6,3	0,8	1,8	9,8±0,4
8h14	Ra 6,3	0,8	1,8	9,8±0,4

Для визначення коефіцієнта використання матеріалу розраховуємо об'єм та масу двох варіантів заготовок. Для розрахунків маси заготовок використовуємо формулу:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (2.6)$$

де  $q = 8,8$  – маса деталі, кг.

Масу припуску визначаємо як добуток об'єму припуску  $V_{\text{пр}}$  та густини  $\rho$  матеріалу заготовки:

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (2.7)$$

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}, \quad (2.8)$$

де  $D$  – діаметральні розміри заготовки, мм;

$H$  – товщина припуску, мм.

Визначаємо об'єм припусків для лиття в піщані форми.

- для діаметральних розмірів:

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot (10^2 - 9,18^2) \cdot 2,6}{4} + \frac{3,14 \cdot (12^2 - 11^2)^2}{4} \cdot 3,8 + \frac{3,14 \cdot (9,5^2 - 8,62^2) \cdot 0,8}{4} + \\ + \frac{3,14 \cdot (11,5^2 - 10,5^2)}{4} \cdot 0,8 + \frac{3,14 \cdot (17,5^2 - 16,5^2)}{4} \cdot 1,0 + \frac{3,14 \cdot (9,5^2 - 8,62^2)}{4} \cdot 0,5 = 160,3 \text{ см}^3$$

- для торців

$$V_2 = \frac{(1,3^2 - 10^2) \cdot 3,14}{4} \cdot 0,5 + \frac{(14^2 - 12^2) \cdot 3,14}{4} \cdot 0,5 + \frac{(10^2 - 9,5^2) \cdot 3,14}{4} \cdot 0,3 + \frac{(12^2 - 11,5^2)}{4} \cdot 0,5 + \\ + 1,6 \cdot 5 \cdot 4,4 \cdot 2 \cdot 0,34 = 143,5 \text{ см}^3$$

3) для 6-ти отворів  $\varnothing 18\text{H}9$  і 4-х отворів М6-7Н

$$V_3 = 6 \cdot \frac{1,8^2 + 3,14}{4} \cdot 2,5 + 4 \cdot \frac{0,6^2 + 3,14}{4} \cdot 1,8 = 25,1 \text{ см}^2$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 ; \quad (2.9)$$

$$V = 160,3 + 143,5 + 25,1 = 328,9 \text{ см}^3.$$

Визначаємо об'єм припусків для лиття в кокіль:

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot (10^2 - 9,52^2) \cdot 2,6}{4} + \frac{3,14 \cdot (12^2 - 11,52^2)^2}{4} \cdot 3,8 + \frac{3,14 \cdot (9,5^2 - 9,02^2) \cdot 0,8}{4} + \\ + \frac{3,14 \cdot (11,5^2 - 11,2^2)}{4} \cdot 3,8 + \frac{3,14 \cdot (17,6^2 - 16,8^2)}{4} \cdot 1,0 + \frac{3,14 \cdot (9,5^2 - 9,08^2)}{4} \cdot 0,5 = 92,3 \text{ см}^3$$

1) для торців:

$$V_2 = \frac{(1,3^2 - 10^2) \cdot 3,14}{4} \cdot 0,24 + \frac{(14^2 - 12^2) \cdot 3,14}{4} \cdot 0,24 + \frac{(10^2 - 9,5^2) \cdot 3,14}{4} \cdot 0,18 + \frac{(12^2 - 11,5^2)}{4} \cdot 0,24 + \\ + 6 \cdot 5 \cdot 4,4 \cdot 2 \cdot 2 = 95,3 \text{ см}^3$$

$$V_3 = 25,1 \text{ см}^3 - \text{аналогічно I варіанту}$$

$$V = 92,3 + 95,3 + 21,1 = 208,7 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припуску:

– для лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр1}} = 328,9 \cdot 7,8 = 2565,4 \text{ г} \approx 2,565 \text{ кг.}$$

– для лиття в кокіль:

$$m_{\text{пр2}} = 208,7 \cdot 7,8 = 1627,9 \text{ г} \approx 1,628 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу заготовок:

– для лиття під в піщані форми:

$$Q_1 = 8,8 + 2,565 = 11,365 \text{ кг.}$$

– для лиття в кокіль:

$$Q_2 = 8,8 + 1,628 = 10,428 \text{ кг.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.10)$$

де  $q = 8,8 \text{ кг}$  – маса деталі.

– для лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{8,8}{11,365} = 0,77.$$

– для лиття в кокіль:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{8,8}{10,428} = 0,84.$$

Оскільки коефіцієнт використання матеріалу для литва в кокіль є вищим ніж для литва в піщані форми для подальшого проектування технологічного процесу розглядаємо спосіб литва в кокіль.

## 2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Варіанти механічної обробки деталі “Маточина” 720.24.816 з врахуванням можливостей різних процесів щодо досягнення показників якості оброблених поверхонь представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Варіанти механічної обробки деталі “Маточина” 720.24.816

№ 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	Циліндрична внутрішня Ø100P7 Ø120P7	7	Ra 1,6	Чорнове, напівчистове, тонке розточування	Чорнове, напівчистове, розточування напівчистове, чистове шліфування
39, 43	Циліндрична внутрішня Ø95H14 Ø105H14	14	Rz 80	Чорнове розточування	
18, 19, 6, 13	Торці 115h14 25h14	14	Rz 40	Чорнове точіння	Чорнове фрезерування
2	Циліндрична зовнішня Ø165h14	14	Rz 80	Чорнове Точіння	
14	Циліндрична зовнішня Ø165f9	9	Rz 2,5	Чорнове, напівчистове, чистове точіння	Чорнове, напівчистове точіння
3, 4, 5	Канавка Ø235H11 Ø185h11	11	Rz 80	Чорнове, напівчистове точіння	

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
16, 17	Фаски 2×45°	14	Rz 80	Чорнове розточування	
24÷ 29	Ø18H9 Циліндрична внутрішня	9	Ra 2,5	Свердління і зенкерування Чистове розвертання	Свердління, зенкерування, розвертання чорнове і чистове
20÷ 23	M6-7H Циліндрична внутрішня	12	Rz 40	Свердління нарізання різі	
7÷12 30÷35	Фаски 1,6×45° Ø6,3×120	14	Rz 40	Зенкування	
36, 37, 38, 41, 42, 40	Канавки в=3+0,15	14	Ra 6,3	Чорнове розточування	Чорнове фрезерування

В результаті комбінування різних варіантів механічної обробки деталі “Маточина” 720.24.816 розроблено операційну технологію оброблення даної деталі.

005 Токарна напівавтоматна

1) Позиція 1 – завантажувальна.

1) Позиція 2 – поперечний супорт.

Підрізати торець 19, витримуючи розмір  $120_{-0,87}$ .

Підрізати торець 6, витримуючи розмір  $28,4_{-0,52}$ .

2) Позиція 3 – поздовжній супорт.

Розточити отвір 39, витримуючи розмір  $\text{Ø}95^{+0,87}$ .

3) Позиція 4 – поздовжній супорт.

Розточити отвір 1 до  $\text{Ø} 98,5^{+0,87}$ .

Обточити канавку  $\text{Ø}234,4^{+0,2}$ ;  $\text{Ø}185,6_{-0,2}$ ;  $v = 5,5^{+0,3}$ .

4) Позиція 5 – поздовжній супорт.

Розточити отвір 1 до  $\text{Ø}99,2^{+0,46}$ .

Обточити канавку  $\text{Ø}235\text{H}11^{+0,29}$ ;  $\text{Ø}185\text{h}11_{-0,29}$ ;  $v = 6^{+0,3}$ .

5) Позиція 6 – поздовжній супорт.

Розточити отвір 1 до  $\text{Ø}99,72^{+0,87}$ .

6) Позиція 7 поздовжній супорт.

Обточити заготовку до  $\varnothing 165_{-1,0}$ .

Розточити фаску  $2 \times 45^\circ$ .

7) Позиція 8 – поперечний супорт

Розточити канавку, витримуючи розміри  $\varnothing 101^{+0,87}$ ;  $v = 3^{+0,15}$  з підрізкою торця 37 до розміру  $8_{-0,36}$

8) Зняти заготовку.

9) Перевірити розміри  $\varnothing 101^{+0,87}$ ,  $3^{+0,15}$ ,  $8_{-0,36}$ ,  $99,72^{+0,87}$ ,  $235^{+0,29}$ ,  $\varnothing 180_{-0,29}$ ,  $6^{+0,3}$ ,  $\varnothing 95^{+0,87}$ ,  $115_{-0,87}$ ,  $25_{-0,52}$

010 Токарна напівавтоматна

1) Позиція 1 – завантажувальна.

2) Позиція 2 – поперечний супорт.

Підрізати торець 18 до розміру  $115_{-0,87}$ .

Підрізати торець 13 до розміру  $25_{-0,52}$ .

3) Позиція 3.

Розточити отвір  $\varnothing 115^{+0,87}$ .

4) Позиція 4 – поздовжній супорт.

Розточити отвір  $\varnothing 117,8^{+0,87}$ .

Обточити поверхню 14 до  $\varnothing 167 \pm 0,5$ .

Розточити фаску  $3 \times 45^\circ$ .

5) Позиція 5 – поздовжній супорт.

Розточити отвір  $\varnothing 119,4^{+0,12}$ .

Обточити поверхню 14 до  $\varnothing 165,4 \pm 0,2$ .

6) Позиція 6 – поздовжній супорт .

Розточити отвір до  $\varnothing 119,8^{+0,087}$ .

обточити поверхню 14 до  $\varnothing 165_{-0,143}^{-0,043}$ .

7) Позиція 7 – поперечний супорт.

Розточити канавку, витримуючи розміри  $\varnothing 121^{+0,87}$ ,  $v=3^{+0,15}$  з підрізкою торця 41 до розміру  $38 \pm 0,12$ .

8) Зняти заготовку

9) Перевірити розміри  $\varnothing 121^{+0,87}$ ,  $3^{+0,15}$ ,  $38 \pm 0,27$ ,  $\varnothing 119,8^{+0,87}$ ,  $\varnothing 165^{+0,043}_{-0,143}$ ,  
 $\varnothing 115^{+0,87}$ ,  $28,4_{-0,52}$ ,  $120_{-0,87}$

015 Алмазно-розточна.

- 1) Встановити зготовку, закріпити.
- 2) Розточити отвір  $\varnothing 100P7^{+0,024}_{-0,059}$ .
- 3) Розточити отвір  $\varnothing 120P7^{+0,024}_{-0,059}$ .
- 4) Зняти деталь.
- 5) Перевірити розміри  $\varnothing 100P$ ,  $\varnothing 120P7$ .

020 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Свердлити одночасно шість отворів  $\varnothing 17^{+0,43}$ , витримуючи розмір  $\varnothing 210 \pm 0,4$ .

3) Зняти заготовку

- 4) Перевірити розміри  $\varnothing 17^{+0,43}$ ,  $\varnothing 210 \pm 0,4$ .

025 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Зенкерувати одночасно шість фасок  $1 \times 45^\circ$ .
- 3) Зняти заготовку.
- 4) Перевірити розмір  $1 \times 45^\circ$ .

030 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Зенкерувати одночасно шість отворів, витримуючи розмір  $\varnothing 17,8^{+0,11}$ .
- 3) Зняти заготовку.
- 4) Перевірити розмір  $\varnothing 17,8^{+0,11}$ .

035 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Розвернути одночасно 6 отворів, витримуючи розмір  $\varnothing 18H9^{+0,043}$ .
- 3) Зняти заготовку.
- 4) Перевірити розмір  $\varnothing 18H9$ .

040 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Свердлити одночасно 4 отв.  $\text{Ø}5^{+0,1}$ , витримуючи розмір  $115\pm 0,2$ .
- 3) Зняти заготовку
- 4) Перевірити розмір  $\text{Ø}5^{+0,1}$ .

045 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Зенкерувати одночасно 4 фаски  $\text{Ø}6,3\times 120^\circ$ .
- 3) Зняти заготовку
- 4) Перевірити розмір  $\text{Ø}6,3\times 120^\circ$ .

050 Вертикально-свердлильна.

- 1) Встановити заготовку, закріпити.
- 2) Нарізати одночасно різь М6-7Н в 4-х отворах.
- 3) Зняти заготовку.
- 5) Перевірити розмір М6-7Н.

Операція 055 Контроль.

Враховуючи крупно серійний тип виробництва, для обробки даної деталі можна вибрати таке обладнання. Для токарних операцій 005 і 010 токарний 8-ми шпиндельний напівавтомат 1К282.

Для свердління 6 отворів  $\text{Ø}17^{+0,48}$  вибираємо вертикально-свердлильний верстат 2Н150, на якому свердління отворів можна проводити за допомогою 6-ти шпиндельної свердлильної головки за 1 прохід.

Для зенкерування і розвертання 6-ти отворів  $\text{Ø}18\text{Н}9$  вибираємо верстат 2Н135М із шестишпиндельними свердлильними головками.

Для свердління 4-х отворів  $\text{Ø}5$  і зенкування 4-х фасок  $\text{Ø}6,3\times 120^\circ$  вибираємо верстат 2Н135М із чотирьохшпиндельними свердлильними головками.

Для нарізки різьби М6-7Н в 4-х отворах вибираємо різьбонарізний автомат 2056.

Для чистової обробки отворів  $\text{Ø}120\text{Р}7$  і  $\text{Ø}100\text{Р}7$  вибираємо спеціальний алмазно-розточний верстат 2710.



## 2.5. Визначення припусків на оброблення

Результати розрахунків припусків обробки різанням поверхонь деталі “Маточина” 720.24.816 представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски для обробки поверхонь деталі “Маточина” 720.24.816

Технологічні операції і переходи оброки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, Ra	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Кругла внутрішня поверхня Ø 120P7					
Розточування тонке	7	Ra 1,6	0,035	0,10×2	Ø120 <sup>-0,024</sup> <sub>-0,059</sub>
Розточування чистове	9	Rz 20	0,087	0,20×2	Ø119,8 <sup>+0,087</sup>
Розточування напівчистове	11	Rz 40	0,120	0,8×2	Ø119,4 <sup>+0,12</sup>
Розточування чорнове	14	Rz 80	0,870	3,9×2	Ø117,8 <sup>+0,870</sup>
Заготовка	10 клас	Rz 200	3,2	2×5,0	Ø110±1,6
Кругла внутрішня Ø95H14					
Розточування чорнове	14	Rz 80	0,87	2×4,2	Ø95 <sup>+0,87</sup>
Заготовка	10 клас	Rz 200	2,8	2×4,2	Ø86,2±1,4
Кругла внутрішня Ø115H14					
Розточування чорнове	14	Rz 80	0,87	2×5,0	Ø115+0,87
Заготовка	10 клас	Rz 200	3,2	2×5,0	Ø105±1,6
Кругла зовнішня Ø165f9					
Обточування чистове	9	2,5	0,100	0,2×2	Ø165 <sup>-0,043</sup> <sub>-0,143</sub>
Обточування напівчистове	12	Rz 40	04	0,8×2	Ø165,4±0,2
Обточування чорнове	14	Rz 80	1,00	4,0×2	Ø167±0,5
Заготовка	10 клас	Rz 200	3,6	2×5,0	Ø175±1,8
Кругла зовнішня Ø165h14					
Обточування чорнове	14	Rz 80	1,0	2×5,0	Ø165 <sup>-1,0</sup>
Заготовка	10 клас	Rz 200	3,6	2×5,0	Ø175±1,8
Розмір торців 115h14					

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Чорнове точіння одного торця	14	Rz 40	0,87	5,0	115 <sup>-0,87</sup>
Чорнове точіння другого торця	14	Rz 80	0,87	5,0	120 <sup>-0,87</sup>
Заготовка	10 клас	Rz 200	3,2	5,0+5,0	125±1,6
Розмір торців 25h14					
Чорнове точіння одного торця	14	Rz 40	0,52	3,4	25 <sup>-0,52</sup>
Чорнове точіння другого торця	14	Rz 40	0,52	3,4	28,4 <sub>-0,52</sub>
Заготовка	10 клас	Rz 200	1,8	3,4+3,4	31,6±0,9
Розмір торця 8h14					
Чорнове точіння	14	Ra 6,3	0,36	3,0	8 <sub>-0,36</sub>
Заготовка	10 клас	Rz 200	1,4	3,0	11±0,7

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

Розрахунок режимів різання для обробки деталі “Маточина” 720.24.816 проведено двома методами: табличним методом та розрахунково-аналітичним методом для 010 операції.

010 Токарна напівавтоматна.

1. Глибину різання для визначаємо із поділу припусків на обробку:

Позиція II:  $t_{II1}=3,4\text{мм}$ ;  $t_{II2}=5,0\text{мм}$ .

2. Довжина робочих ходів супортів [20]:

$$L_{р.х.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебігу} + l_{дод.} \quad (2.11)$$

Позиція II:

– для різця 1

$l_{різ.} = 33,8\text{мм}$ ;

$l_{підв.} = 3\text{мм}$ ;  $l_{вріз.} = 0$ ;  $l_{перебігу} = 0$ ;  $l_{дод.} = 0$  [20].

$$L_{p.x.II} = 33,8 + 3 = 36,8 \text{ мм.}$$

– для різця 2

$$l_{\text{різ.}} = 19,4 \text{ мм;}$$

$$l_{\text{підв.}} = 3 \text{ мм; } l_{\text{вріз.}} = 0; l_{\text{перебігу}} = 3 \text{ мм; } l_{\text{дод.}} = 0 \text{ [20].}$$

$$L_{p.x.II2} = 19,4 + 3 + 3 = 25,4 \text{ мм.}$$

Для подальших розрахунків вибрано найбільше значення робочого ходу супорта  $L_{p.x.II} = 36,8 \text{ мм.}$

3. Подача та підбір зубчастих коліс залежно від сумарної глибини різання:

Позиція II:

$$\Sigma t_{II} = 3,4 + 5 = 8,4 \text{ мм; } S_{oII} = 0,6 \cdot K_S \cdot K_{ВПД} = 0,45 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,54 \text{ мм/об.}$$

де  $K_S$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від жорсткості системи ВПД [20].

За паспортом верстата:  $S_{oII} = 0,5 \text{ мм/об.}$

Підбір зубчастих коліс:

$$1/f = 31/79; d = 64; c = 32.$$

4. Період стійкості інструментів:

$$T_P = T_M \cdot \lambda, \quad (2.12)$$

де  $T_M = 150 \text{ хв}$  [20];

$\lambda$  – коефіцієнт часу різання:

$$\lambda = \frac{L_{\text{різ.}}}{L_{p.x.}} \quad (2.13)$$

Позиція II:

$$\lambda_{II1} = \frac{33,8}{36,8} = 0,92, \text{ оскільки } \lambda_{II1} > 0,7, \text{ тоді приймаємо } \lambda_{II1} = 1, T_{pII1} = 150 \text{ хв;}$$

$$\lambda_{II2} = \frac{19,4}{25,4} = 0,76, \text{ оскільки } \lambda_{II2} > 0,7, \text{ тоді приймаємо } \lambda_{II2} = 1, T_{pII2} = 150 \text{ хв}$$

5. Визначаємо швидкість різання [20]:

Позиція II:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V, \quad (2.14)$$

$$(2.15)$$

$\sigma_b = 540 \text{ МПа}$  [1.1];  $K_\Gamma = 1,0$  [20];  $n_V = 1,0$  [20].

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{540} \right)^{1,0} = 1,39;$$

$K_{IV} = 0,8$  [20];

$K_{IV} = 1,0$  [20];

$K_{\varphi V} = 0,7$  [20];

$K_{\varphi IV} = 0,97$  при  $\varphi_1 = 15^\circ$  [20].

$$V_{II1} = \frac{215}{150^{0,2} \cdot 3,4^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,76 = 68,4 \text{ м/хв};$$

$$V_{II2} = \frac{215}{150^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,76 = 64,5 \text{ м/хв}.$$

6. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (2.16)$$

$$\text{Позиція II: } n_{II} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 64,5}{3,14 \cdot 90,2} = 227,73 \text{ хв}^{-1}.$$

За паспортом верстата:  $n_{III} = 224 \text{ хв}^{-1}$ .

Підбір зубчастих коліс:

$a = 23$ ;  $b = 42$ .

7. Час робочого ходу:

$$t_p = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n_{III}}, \quad (2.17)$$

$$\text{Позиція II: } t_{pII} = \frac{36,8}{0,5 \cdot 224} = 0,33 \text{ хв.}$$

8. Фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{шп.}}}{1000}, \quad (2.18)$$

$$\text{Позиція II: } V_{\phi II} = \frac{3,14 \cdot 90,2 \cdot 224}{1000} = 63,4 \text{ м/хв.}$$

9. Визначаємо силу різання [20]:

Позиція II:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (2.19)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{540}{750} \right)^{0,75} = 0,78.$$

Визначаємо складові формули для різця 1:

$$K_P = 0,78 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,86.$$

$$P_{ZII1} = 10 \cdot 81 \cdot 3,4^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 63,4^0 \cdot 0,86 = 1408 \text{ Н.}$$

$$P_{ZII2} = 10 \cdot 81 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 63,4^0 \cdot 0,86 = 2071 \text{ Н.}$$

$$\Sigma P_{ZVII} = 1408 + 2071 = 3479 \text{ Н.}$$

10. Визначаємо потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (2.22)$$

$$\text{Позиція II: } N_{\text{різII}} = \frac{3479 \cdot 63,4}{1020 \cdot 60} = 3,6 \text{ кВт.}$$

На інші операції виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 режими різання розраховано табличним методом. Результати представлено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. – Режими різання виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>м</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T <sub>о</sub> , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Токарна напівавтоматна									
Позиція II. Підрізати торець 19, витримуючи розмір 120 <sub>-0,87</sub> . Підрізати торець 6, витримуючи розмір 28,4 <sub>-0,52</sub> . з поперечного супорта одночасно.	5 3,4	36,7	1	154	0,51	225	63,5	0,34	3,6
Позиція III. Розточити отвір 39, витримуючи розмір Ø95 <sup>+0,87</sup> . з універсального супорта.	3,9	28	1	154	0,751	225	63,8	0,173	2,17
Позиція IV. Розточити отвір 1 до Ø98,5 <sup>+0,87</sup> Обточити канавку Ø234,4 <sup>+0,2</sup> ; Ø185,6 <sub>-0,2</sub> ; b = 5,5 <sup>+0,3</sup> з універсального супорта одночасно	1,75 24,4	28 8,5	1	154	0,21	225	166	0,67	5,45
Позиція V. Розточити отвір 1 до Ø99,2 <sup>+0,46</sup> . Обточити канавку Ø235H11 <sup>+0,29</sup> ; Ø185h11 <sub>-0,29</sub> ; b = 6 <sup>+0,3</sup> . з універсального супорта одночасно.	0,35 0,6	28 9	1	154	0,32	225	165,5	0,44	2,05
Позиція VI. Розточити отвір 1 до Ø99,72 <sup>+0,87</sup> з вертикального супорта одночасно.	0,26	29	1	154	0,32	225	165,5	0,43	1,91

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Позиція VII. Обточити заготовку до $\varnothing 165_{-1,0}$ . Розточити фаску $2 \times 45^\circ$ . з вертикального супорта одночасно	5,0	14	1	154	0,51	225	117	0,125	2,16
Позиція VIII. Розточити канавку, витримуючи розміри $\varnothing 101^{+0,87}$ ; $B = 3^{+0,15}$ з підрізкою торця 37 до розміру $8_{-0,36}$ з універсального супорта одночасно	3	7	1	154	0,251	225	72	0,125	1,43
010 Токарна напівавтоматна									
Позиція II. Підрізати торець 18 до розміру $115_{-0,87}$ . Підрізати торець 13 до розміру $25_{-0,52}$ . з універсального супорта одночасно	5 3,4	36,8	1	154	0,51	225	82	0,33	3,6
Позиція III. Розточити отвір $\varnothing 115^{+0,87}$ . з вертикального супорта.	5	48	1	154	0,51	225	82	0,44	2,23
Позиція IV. Розточити отвір $\varnothing 117,8^{+0,87}$ . Обточити поверхню 14 до $\varnothing 167 \pm 0,5$ . Розточити фаску $3 \times 45^\circ$ з універсального супорта одночасно	3,9 4,0	42	1	154	0,5	225	118	0,37	1,45
Позиція V. Розточити отвір $\varnothing 119,4^{+0,12}$ . Обточити поверхню 14 до $\varnothing 165,4 \pm 0,2$ . з вертикального супорта одночасно.	0,8	42	1	154	0,76	225	116,5	0,24	1,3

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Позиція VI. Розточити отвір до $\varnothing 119,8^{+0,087}$ . Обточити поверхню 14 до $\varnothing 165_{-0,143}^{-0,043}$ . з вертикального супорта одночасно.	0,1 0,2	42	1	152	0,51	225	117	0,37	0,98
Позиція VII. Розточити канавку, витримуючи розміри $\varnothing 121^{+0,87}$ , $v=3^{+0,15}$ з підрізкою торця 41 до розміру $38 \pm 0,12$ .	3	7	1	152	0,26	225	86	0,125	1,43
015 Алмазно-розточна.									
Розточити отвір $\varnothing 100P7_{-0,059}^{-0,024}$ .	0,1	29	1	253	0,071	402	127	1,04	0,95
Розточити отвір $\varnothing 120P7_{-0,059}^{-0,024}$ .	0,1	41	1	253	0,071	402	153	1,5	0,95
020 Вертикально-свердлильна									
Свердлити одночасно шість отворів $\varnothing 17^{+0,43}$ , витримуючи розмір $\varnothing 210 \pm 0,4$ .	8,5	30	1	102	0,34	282	16	0,3	2,2
025 Вертикально-свердлильна.									
Зенкерувати одночасно шість фасок $1,6 \times 45^\circ$	1,6	5	1	102	0,1	282	18	0,08	0,88
030 Вертикально-свердлильна.									
Зенкерувати одночасно шість отворів, витримуючи розмір $\varnothing 17,8^{+0,11}$	0,4	3	1	102	0,15	282	18	0,3	0,6
035 Вертикально-свердлильна.									
Розвернути одночасно 6 отворів, витримуючи розмір $\varnothing 18H9^{+0,043}$	0,1	30	1	24	0,4	256	14,7	0,28	0,4
040 Вертикально-свердлильна.									



Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свердлити одночасно 4 отв. $\varnothing 5^{+0,1}$ , витримуючи розмір $115 \pm 0,2$ .	2,5	12	1	102	0,31	284	4,41	0,14	1,2
045 Вертикально-свердлильна.									
Зенкерувати одночасно 4 фаски $\varnothing 6,3 \times 120^\circ$ .	0,65	3	1	102	0,15	284	4,82	0,08	0,6
050 Вертикально-свердлильна.									
Нарізати одночасно різь М6-7Н в 4-х отворах	0,54	20	1	102	1,01	219	4,11	0,09	1,18

Визначаємо штучний час обробки маточини на токарній напівавтоматній операції [20] :

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{тех.обсл.}} + T_{\text{орг.обсл.}} + T_{\text{відп.}}, \quad (2.23)$$

де  $T_{\text{тех.обсл.}}$  – витрати часу на технічне обслуговування, хв.;

$T_{\text{орг.обсл.}}$  – витрати часу на організаційне обслуговування, хв.;

$T_{\text{відп.}}$  – витрати часу на перерви, хв.

Час циклу напівавтомата:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р.х.}} + t_{\text{х.х.}}, \quad (2.24)$$

де  $t_{\text{р.х.}}$  – тривалість робочого ходу, хв.;

$t_{\text{х.х.}}$  – тривалість холостого ходу, хв.

Час на контроль оброблених поверхонь відбувається під час циклу роботи напівавтомата.

Операція 010. Токарна напівавтоматна:

$t_{\text{х.х.}} = 2,5$  с. згідно паспорта верстата

$$t_p = 0,44 \text{ хв.} = 26,4 \text{ с.}$$

$$\text{Тоді, } T_{ц010} = 26,4 + 2,5 = 28,9 \text{ с} \approx 0,48 \text{ хв.}$$

Витрати часу на технічне обслуговування [1]:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = t_p \cdot 2\% = 0,48 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ хв.}$$

Витрати часу на організаційне обслуговування [1]:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{ц} \cdot 3,1\% = 0,48 \cdot 0,031 = 0,015 \text{ хв.}$$

Витрати часу на перерви [1]:

$$T_{\text{відп.}} = T_{ц} \cdot 9\% = 0,48 \cdot 0,09 = 0,043 \text{ хв.}$$

За формулою (2.23) визначаємо штучний час:

$$T_{\text{шт.010}} = 0,48 + 0,01 + 0,015 + 0,043 = 0,55 \text{ хв.}$$

Для решти операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 визначаємо наближено [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_k \cdot T_o. \quad (2.25)$$

005 Токарна-напівавтоматна операція.

$$\text{Основний час: } T_{o005} = 0,65 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт.005}} = 1,36 \cdot 0,65 = 0,88 \text{ хв.}$$

015 Алмазно-розточна операція.

$$\text{Основний час: } T_{o015} = 2,54 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт.015}} = 1,42 \cdot 2,54 = 3,6 \text{ хв.}$$

020 Вертикально-свердлильна операція.

$$\text{Основний час: } T_{o020} = 0,3 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт.020}} = 1,72 \cdot 0,3 = 0,5 \text{ хв.}$$

025 Вертикально-свердлильна операція.

$$\text{Основний час: } T_{o025} = 0,08 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{шт.025} = 1,72 \cdot 0,08 = 0,14 \text{ хв.}$$

030 Вертикально-свердлильна операція.

Основний час:  $T_{o030} = 0,3 \text{ хв.}$

Штучний час:

$$T_{шт.030} = 1,72 \cdot 0,3 = 0,5 \text{ хв.}$$

035 Вертикально-свердлильна операція.

Основний час:  $T_{o035} = 0,3 \text{ хв.}$

Штучний час:

$$T_{шт.035} = 1,72 \cdot 0,3 = 0,5 \text{ хв.}$$

040 Вертикально-свердлильна операція.

Основний час:  $T_{o040} = 0,14 \text{ хв.}$

Штучний час:

$$T_{шт.040} = 1,72 \cdot 0,14 = 0,24 \text{ хв.}$$

045 Вертикально-свердлильна операція.

Основний час:  $T_{o045} = 0,08 \text{ хв.}$

Штучний час:

$$T_{шт.045} = 1,72 \cdot 0,08 = 0,14 \text{ хв.}$$

050 Вертикально-свердлильна операція.

Основний час:  $T_{o050} = 0,09 \text{ хв.}$

Штучний час:

$$T_{шт.045} = 1,72 \cdot 0,09 = 0,15 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку технічних норм часу виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 представлено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7– Результати розрахунку технічних норм часу виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816

Номер та назва операції	$T_o$ , хв	Час циклу н/автомата, $T_{ц}$ хв	Час обслуговування, $T_{об}$ , хв		$T_{відп}$ , хв	$T_{шт}$ , хв
005 Токарна напівавтоматна	0,65					0,88

Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7
010 Токарна напівавтоматна	0,44	0,48	0,01	0,015	0,043	0,55
015 Алмазно-розточна	2,54					3,6
020 Вертикально- свердлильна	0,3					0,5
025 Вертикально- свердлильна	0,08					0,14
030 Вертикально- свердлильна	0,3					0,5
035 Вертикально- свердлильна	0,3					0,5
040 Вертикально- свердлильна	0,14					0,24
045 Вертикально- свердлильна	0,08					0,14
050 Вертикально- свердлильна	0,09					0,15

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1. Розрахунок пристосування для механічного оброблення деталі

Для одночасного свердління шести отворів  $\varnothing 17^{+0,43}$ , витримуючи розмір  $\varnothing 210 \pm 0,4$  в деталі “Маточина” 720.24.816 на 020 вертикально-свердлильної операції спроектовано кондуктор та шестишпindelьну свердлильну головку, які забезпечують підвищення точності та продуктивності обробки на вертикально-свердлильному верстаті 2Н150 порівняно із послідовною обробкою отворів.

Деталь в кондукторі базується на палець 18 з зазором по центральному отвору і з упором в нижній торець та на зрізаний палець 15 по другому отвору, з орієнтацією по бобиках за допомогою призми 20. Затиск деталі в кондукторі відбувається за допомогою шестишпindelьної свердлильної головки через пружини та кондукторну плиту.

Шестишпindelьної свердлильна головка переміщується у вертикальному напрямку колонами кондуктора.

Похибка установки деталі “Маточина” 720.24.816 в кондукторі [9]:

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

Для забезпечення точності оброблення отворів деталі на кондукторі необхідно забезпечити умову, при якій похибка установки менша за допустиму похибку установки  $\Delta \varepsilon_{y,\text{доп}}$  [9]:

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

На 020 вертикально-свердлильній операції проводиться одночасне свердління шести отворів  $\varnothing 17 \text{H}14^{(+0,43)}$ ;  $l = 19$  мм,  $\varnothing 210 \pm 0,4$ .

Точність розміру отвору  $\varnothing 17 \text{H}14^{(+0,43)}$  залежить від точності інструменту, тому похибка базування на цей розмір дорівнює нулю, тобто  $\Delta \varepsilon_{y\varnothing 17} = 0$ .

Похибка базування на розмір  $\varnothing 210 \pm 0,4$ :

$$\Delta \varepsilon_{\zeta} = S_{\min} + Td + TD, \quad (3.3)$$

де  $S_{\min}$  – мінімальний зазор між базовим пальцем та отвором;

$Td$  – поле допуску базового пальця  $\varnothing 120e7 \begin{pmatrix} -0,072 \\ -0,107 \end{pmatrix}$ ;

$TD$  – поле допуску базового отвору  $\varnothing 120P7 \begin{pmatrix} -0,024 \\ -0,059 \end{pmatrix}$ .

Мінімальний зазор між базовим пальцем та отвором:

де  $ES$  – верхнє відхилення базового отвору,  $EI = -0,024$ ;

$ei$  – нижнє відхилення базового пальця,  $es = -0,072$  мм.

Тоді

$$S_{\min} = -0,024 - (-0,072) = 0,048 \text{ мм.}$$

Поле допуску базового пальця:

$$Td = es - ei. \quad (3.5)$$

$$Td = -0,072 - (-0,107) = 0,035 \text{ мм.}$$

Поле допуску базового отвору:

$$TD = ES - EI. \quad (3.6)$$

$$TD = -0,024 - (-0,059) = 0,035 \text{ мм.}$$

Тоді, похибка базування дорівнює:

$$\Delta \varepsilon_{\zeta} = 0,048 + 0,035 + 0,035 = 0,118 \text{ мм} = 118 \text{ мкм.}$$

Максимальне значення похибки закріплення  $\varepsilon_{\zeta}$  деталі у спроектованому кондукторі досягає 90 мкм. при базуванні деталі на палець.

Похибка пристосування  $\varepsilon_{\text{пр}}$  залежить від точності його виготовлення, приймаємо  $\varepsilon_{\text{пр}} = 150$  мкм.

Тоді похибка установки деталі “Маточина” 720.24.816 в кондукторі буде становити:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{118^2 + 90^2 + 150^2} = 211 \text{ мкм.} = 0,211 \text{ мм.}$$

Допустима похибка установки  $\Delta\varepsilon_{y,\text{доп}}$  для розміру  $\varnothing 210 \pm 0,4$  дорівнює допуску на розмір:

$$\Delta\varepsilon_{y,\text{доп}} = \delta, \quad (3.7)$$

де  $\delta = 0,4 - (-0,4) = 0,8 \text{ мм.}$

Для забезпечення точності оброблення отворів деталі на кондукторі забезпечується умова, при якій похибка установки менша за допустиму похибку установки  $0,211 \text{ мм} < 0,8 \text{ мм.}$

Проведемо також розрахунок сил затиску деталі “Маточина” 720.24.816 на вертикально-свердлильній операції 020. Для цього використано розрахункову схему (рисунок 3.1), де зображені крутні моменти, що виникають при одночасному свердлінні шести отворів  $\varnothing 17\text{H}14^{(+0,43)}$ ;  $l = 19 \text{ мм}$ ,  $\varnothing 210 \pm 0,4$ .

Напрямок сили затиску деталі співпадає з напрямком переміщення кондукторної плити, що затискає деталь до поверхні бази. При такому способі закріплення деталі визначаємо силу затиску за формулою [6]:

$$W = \frac{K \cdot M_{\text{кр}} \cdot k}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot \left( \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}, \quad (3.8)$$

де  $D, d$  – більший та менший діаметри основи маточини, м;

$f$  – коефіцієнт тертя між заготовкою та елементами пристрою;

$k$  – кількість свердл у багатошпиндельній головці,  $k = 6$ ;

$M_{\text{кр}}$  – крутний момент різання при свердлінні одним свердлом, Н·м [20]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D_1^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.9)$$

де

$$D_1 = 17 \text{ мм};$$

$$S = 0,32 \text{ мм/об.}$$

$$K_p = K_{mp},$$

$$K_{mp} = \left( \frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,886;$$

$$\text{Отже, } M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 17^{2,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,886 = 21 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$K = 2,48.$$

При  $K < 2,5$  коефіцієнт запасу приймаємо 2,5.

$$\text{Отже, } W = \frac{2,5 \cdot 21 \cdot 6}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot \left( \frac{0,13^3 - 0,1^3}{0,13^2 - 0,1^2} \right)} = 21789 \text{ Н.}$$

Сила затиску повинна бути меншою за допустиму величину осьового навантаження  $P_{\text{верст.мах}}$  механізмів верстату, тобто повинна виконуватись умова:

$$P_{\text{верст.мах}} > W, \quad (3.10)$$

Для вертикально-свердильного верстата мод. 2Н150 –  $P_{\text{верст.мах}} = 25000 \text{ Н}$ .

Перевіряємо умову (3.10):

$$25000 \text{ Н} > 21789 \text{ Н.}$$

Умова виконується, пошкодження механізмів верстату під час затиску заготовки не відбудуватиметься.

Потужність приводу верстата  $N_{\text{верст}}$  повинна бути більшою за сумарну потужність споживання багатошпindelною свердильною головкою  $\sum N_{\text{гол.сум}}$  з врахуванням коефіцієнту корисної дії верстата, тобто повинна виконуватись умова:

$$N_{\text{верст.}} \geq \frac{\sum N_{\text{гол.сум.}}}{\eta_{\text{верст.}}}, \quad (3.11)$$



де  $\eta_{\text{верст.}} = 0,8$ .

$N_{\text{верст.}} = 7,5$  кВт.

$$\Sigma N_{\text{гол.сум.}} = N \cdot k, \quad (3.12)$$

де  $N$  – потужність, що витрачається на одне свердло, кВт;

$k = 6$ .

$$N = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n}{9750}, \quad (3.13)$$

де  $n = 280$  хв<sup>-1</sup>.

$$N = \frac{21 \cdot 280}{9750} = 0,6 \text{ кВт.}$$

$$\Sigma N_{\text{гол.сум.}} = 0,6 \cdot 6 = 3,6 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо умову (3.11):

$$7,5 \text{ кВт} > \frac{3,6}{0,8} = 4,5 \text{ кВт.}$$

Умова (3.11) виконується, тому потужність приводу верстата є достатньою для одночасного свердління шести отворів.

Сумарна осьова сила різання шести свердлами  $P_{\text{гол.сум.}}$  повинна бути меншою за допустиме осьове навантаження  $P_{\text{верст.мах.}}$  механізму подачі верстата, тобто повинна виконуватись умова:

$$P_{\text{гол.сум.}} = k \cdot P_o \leq P_{\text{верст.мах.}} \cdot \quad (3.14)$$

Осьова сила різання одним свердлом [20]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.15)$$

де

$D = 17 \text{ мм};$

$S = 0,32 \text{ мм/об.}$

$$K_{\text{мп}} = \left( \frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,886.$$

Отже,  $P_0 = 10 \cdot 43,3 \cdot 17^{1,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,866 = 2562 \text{ Н.}$

Сумарна осьова сила різання шести свердлами:

$$P_{\text{гол.сум.}} = 6 \cdot 2562 = 15372 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову (3.14):

$$15372 \text{ Н} < 22000 \text{ Н.}$$

Умова (3.14) виконується.

### 3.2. Розрахунок різального і допоміжного інструменту

У підрозділі проведено розрахунок різця та спеціальної державки для розточування отвору  $\varnothing 115 \text{ мм}$  під час виконання 2 переходу на операції 010 токарній напівавтоматній при обробці деталі “Маточина” 720.24.816 із використанням розрахункової схеми рисунку 3.2.

Момент згину різця під час розточування отвору:

$$M_{\text{зг}} = P_z \cdot l, \quad (3.16)$$

де  $l=28 \text{ мм}$  - виліт різця.

Допустимий момент згину державки різця із умови забезпечення її міцності при допустимому напруженні  $[\sigma]_{\text{зг}}$  на згин матеріалу різця:

$$M_{\text{згд}} = [\sigma]_{\text{зг}} \cdot W. \quad (3.17)$$

Для сталі 45  $[\sigma]_{\text{зг}}=200 \text{ МПа.}$

Сила різання [20]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.18)$$

$K_p=0,86;$

$$P_z = 10 \cdot 81 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 81^0 \cdot 0,86 = 2071 \text{ Н.}$$

Осьовий момент опору січення державки різця шириною  $B$  квадратного січення:

$$W = \frac{B^3}{6}. \quad (3.19)$$

На основі формул (3.16), (3.17) та (3.19) одержуємо:

$$B = \sqrt[3]{\frac{6P_z \cdot l}{[\sigma]_{\text{зг}}}}; \quad (3.20)$$

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 2071 \cdot 28}{200}} = 12 \text{ мм.}$$

Вибираємо січення державки різця  $20 \times 20$ .

Величина прогину різця:

$$f = \frac{P_z \cdot l^3}{3E \cdot I}, \quad (3.21)$$

де для сталі 45  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

Осьовий момент інерції поперечного січення державки:

$$I = \frac{B^4}{12}; \quad (3.22)$$

$$I = \frac{20^4}{12} = 13333 \text{ мм}^4.$$

За формулою (3.21) величина прогину різця буде становити:

$$f = \frac{2071 \cdot 20^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 13333} = 0,002 \text{ мм.}$$

Величина деформації розточної оправки (рис. 3.2):

$$\delta = \frac{P_z \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_1}, \quad (3.23)$$

де  $L=120$ , мм;

Осьовий момент інерції поперечного січення оправки:

$$I_1 = \frac{\pi \cdot D^4}{64}; \quad (3.24)$$

де  $D=68$  мм.

$$I_1 = \frac{3,14 \cdot 68^4}{64} = 1049023 \text{ мм}^4.$$

За формулою (3.23) величина прогину оправки буде становити::

$$\delta = \frac{306 \cdot 120^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1049023} = 0,001 \text{ мм.}$$

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Розрахунок кількості засобів пожежогасіння для розміщення на ділянці виготовлення деталі

До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Для визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід враховувати фізико-хімічні та пожежо-небезпечні властивості горючих речовин, їх взаємодію з вогнегасними речовинами, а також розміри площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для етажерок відкритих установок.

Якщо в одному приміщенні знаходиться декілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відділених одне від одного протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

Покривала повинні мати розмір не менше як 1м × 1м. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання горючих речовин розміри покривал можуть бути збільшені до величин: 2м × 1,5м, 2м × 2м. Покривала слід застосовувати для гасіння пожеж класів

«А», «В», «D», (E).

Бочки з водою встановлюють у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів, їх кількість у приміщеннях визначається з розрахунку установки однієї бочки на 250-300 м<sup>2</sup> захищеної площі.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 повинні мати місткість не менше 0,2 м<sup>3</sup> і бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 0,008 м<sup>3</sup>.

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м<sup>2</sup>.

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщаються на ньому, слід включати: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром 2м × 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м<sup>3</sup> та бути укомплектованими совковою лопатою.

Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше 0,1 м<sup>3</sup>. Конструкція ящика (вмістилища) повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Склади лісу, тари та волокнистих матеріалів слід забезпечувати збільшеною кількістю пожежних щитів з набором первинних засобів пожежогасіння, виходячи з місцевих умов.

Будівлі та споруди, які зводяться та реконструюються, мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

- на 200 м<sup>2</sup> площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200 м<sup>2</sup> – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;

- на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100 м довжини риштування – бочка з водою;

- на 200 м<sup>2</sup> площі перекриття з горючим утеплювачем або горючими покрівлями – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском;

- на кожну люльку агрегату для будівництва градирень – по два вогнегасники;

- у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники та ящик з піском на кожний агрегат.

У вищезазначених місцях слід застосовувати вогнегасники пінні чи водяні місткістю 10 л або порошкові місткістю не менше 5 л.

На території будівництва, в місцях розташування тимчасових будівель, складів, майстерень встановлюють пожежні щити (стенди) та бочки з водою.

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно з таблицями в залежності від їх вогнегасної спроможності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищуваному приміщенні або на об'єкті (стандарт ISO №3941-77).

Вибір типу вогнегасника (пересувний чи переносний) обумовлений розмірами можливих осередків пожеж; у разі збільшення їх розмірів рекомендується використовувати пересувні вогнегасники .

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння.

З наведених нижче рекомендацій, а також скориставшись даними таблиць (стандарт ISO №3941-77), призначаємо наступну кількість засобів пожежогасіння для проєктованого цеху:

У відділеннях механічної обробки, заготівельних і складських приміщеннях, пожежні щити на відстані 50 м один від одного, оснащені: вогнегасники – 3 шт.; покривало з негорючого матеріалу розміром 2м × 2м – 1 шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; ломи – 2 шт.; сокири – 2 шт.; ящик з піском – 1 шт.

Відділення по збереженню палива і мастильних речовин, а також у фарбувальному цеху, додатково оснастити пересувними порошковими вогнегасниками місткістю 50л., а також бочками з водою, по одній на відділення.

#### **4.2. Права працівників при укладанні трудових договорів щодо охорони праці**

У відповідності до ст. 21 Кодексу законів про працю України між працівником і власником підприємства, установи, організації або уповноваженим ним органом чи фізичною особою укладається трудовий договір (угода), за яким працівник зобов'язується виконувати роботу,

визначену цим договором, з підляганням внутрішньому трудовому розпорядкові, а власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган чи фізична особа зобов'язується виплачувати працівникові заробітну плату і забезпечувати умови праці, необхідні для виконання роботи, передбаченої законодавством про працю, колективним договором і угодою сторін.

Трудовий договір укладається, як правило, в письмовій формі. Додержання письмової форми є обов'язковим при укладанні трудового договору з неповнолітнім, з фізичною особою, при укладанні контракту та в інших випадках, передбачених законодавством України.

Форма трудового договору між роботодавцем і фізичною особою і Порядок його реєстрації затверджені наказом Міністерства праці і соціальної політики України від 27 червня 2001 року № 260.

Укладання трудового договору оформлюється наказом чи розпорядженням власника або уповноваженого ним органу про зарахування працівника на роботу.

Трудовий договір вважається укладеним і тоді, коли наказ чи розпорядження не були видані, але працівника фактично було допущено до роботи.

Умови трудового договору не повинні мати положень, які протирічать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці.

Під час оформлення трудового договору власник зобов'язаний проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які ще не усунено, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору (ст. 5 Закону України "Про охорону праці").

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я.

Усі працівники згідно із законом підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання.



Чинне законодавство гарантує права працівників на охорону праці під час роботи на підприємстві. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівниками, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати нормативним актам. Якщо з'ясується, що власник не створив належних умов праці і вони становлять небезпеку для життя і здоров'я працівника, або власник вимагає від працівника виконання робіт, які не передбачені трудовим договором, працівник має право відмовитися від дорученої роботи, повідомивши про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці, представниками профспілки, членом якої є працівник, а також страховим експертом з охорони праці.

За період простою з вищезазначених причин за працівником зберігається середній заробіток.

У разі невиконання роботодавцем вимог законодавства про охорону праці, порушення умов колективного договору з цих питань працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням. У такому випадку, згідно зі ст. 6 Закону «Про охорону праці», працівникові виплачується вихідна допомога, розмір якої не може бути нижчим від тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я, відповідно до медичного висновку, потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести його на відповідну роботу на термін, зазначений у медичному висновку, у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

Якщо з будь-яких причин зупинено тимчасову експлуатацію підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування, за працівником зберігається місце роботи, а за період простою нараховується середній заробіток.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь “Маточина” 720.24.816 використовується в колесі машини для внесення мінеральних добрив в ґрунт. Виготовляється з чавуну марки КЧ-33-08, що має хороші ливарні властивості.

У базовому технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 використано обладнання та пристосування, що характерні для середньосерійного типу виробництва, зокрема застосування універсальних токарних верстатів з ЧПК, алмазно-розточного верстата для оброблення поверхні підвищеної точності, вертикально-свердлильних на різьбонарізного верстата для оброблення малих отворів. При цьому оброблення отворів виконується послідовно, що вимагає збільшення штучного часу обробки на вертикально-свердлильних операціях. Програма випуску деталі “Маточина” 720.24.816 відповідає крупносерійному типу виробництва, тому у технологічний процес виготовлення цієї деталі внесено заміни з метою підвищення продуктивності виробництва.

У проектному технологічному процесі виготовлення деталі “Маточина” 720.24.816 внесено такі зміни: токарні верстати з ЧПК замінено на токарні вертикальні багатошпиндельні напівавтомати, на яких можна застосувати принцип концентрації операцій з одночасною обробкою декількох поверхонь деталі та скоротити основний час обробки; на вертикально-свердлильних верстатах застосовано багатошпиндельні свердлильні головки для одночасної обробки осьовими інструментами декількох отворів, що значно скорочує основний час обробки деталі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. 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.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с.
6. 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.
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. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131

“Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 53 с.

11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

12. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.

13. Основи технології складання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” / Укладачі: Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун. Тернопіль, 2017. 82 с.

14. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка, системи верстатних пристосувань / М.Г. Дичковський. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 121 с.

15. Дичковський М.Г. Розроблення та реалізація схем базування деталей при конструюванні пристосувань / М.Г. Дичковський, М.Д. Радик. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 60 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.