

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
КОРПУСУ 32.170.06.10

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41

Степанюк Володимир Анатолійович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2023 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 механічна інженерія

Спеціальність: прикладна механіка

Освітня програма: 131 прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Степанюк Володимир Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 32.170.06.10

Керівник роботи: Божко Тетяна Євгенівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» грудня 2023 р. №986/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпус 32.170.06.10, річна програма випуску 12000 шт/рік, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3.

Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної дільниці.

Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних

джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), карта налагодження – 2 листа (ф.А2),

складальне креслення верстатного пристрою – 2 листа (ф.А1), складальне

креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1), креслення спеціального

різального інструменту – 1 лист (ф. А2), план механообробної дільниці – 1

лист (ф.А2)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «29» листопада 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	06.12.2022	
2.	<i>Розділ 1</i>	14.02.2023	
3.	<i>Розділ 2</i>	28.02.2023	
4.	<i>Розділ 3</i>	14.03.2023	
5.	<i>Розділ 4</i>	28.03.2023	
6.	<i>Розділ 5</i>	18.04.2023	
7.	<i>Висновки та пропозиції</i>	09.05.2023	
8.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	09.05.2023	
9.	<i>Формування додатків</i>	18.05.2023	
10.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	24.05.2023	
11.	<i>Нормоконтроль</i>	26.05.2023	
12.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	29.05.2023	
13.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	01.06.2023	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Степанюк В.А.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

(Божко Т.Є.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Степанюк В. А. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 32.170.06.10. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У роботі розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 32.170.06.10.

В кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено тип та організаційну форму виробництва. Відпрацьовано деталь на технологічність. Вибрано спосіб отримання заготовки, економічно обґрунтовано. Вибрано метод обробки поверхонь. Проведено розрахункове обґрунтування баз. Визначено допуски, припуски і операційні розміри. Проведено розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення. Проведено нормування технологічного процесу.

Спроектовано пристрій свердлильний для отримання отворів M12x1,25-7H. Вибрано і обґрунтовано принципу дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано контрольний пристрій, який застосовується для контролю радіального биття.

Спроектовано механічну дільницю для обробки корпусу 32.170.06.10. Розраховано виробничої площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

В розділі охорона праці розглянуто санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці цеху. Проведено розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті. Розглянуто пожежну характеристику виробничої будівлі.

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

ABSTRACT

Stepaniuk V. A. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the hull 32.170.06.10. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP " Applied Mechanics " specialty 131 Applied mechanics. Lutskiy national technical university. Lutsk, 2023.

In qualification work consists of an introduction, five sections, conclusions and proposals, list of used sources, applications.

At work the technological process of mechanical processing of the case 32.170.06.10 was developed.

In the bachelor's qualification work, the type and organizational form of production is established. Worked out the detail for manufacturability. Selected way obtaining a blank, economically justified. The processing method is selected surfaces. Calculated substantiation of bases. Tolerances, allowances and operating rooms are defined dimensions. The calculation has been made modes cutting, selection equipment and equipment. Standardization has been carried out technological process.

A drilling device for obtaining M12x1.25-7H holes was designed. The choice is early and justified on the principle of action, structural and schemes. Conducted with silt calculation drive parameters. An accuracy calculation was carried out. Given with agaly description design, principle of action. A control device is designed, which is used to control radial runout.

A mechanical section for processing the case 32.170.06.10 was designed. The production area of the site is calculated. Technological planning of the site has been developed.

In the section on labor protection, the sanitary and hygienic characteristics of working conditions in the workshop section are considered. The local lighting of the area on the machine was calculated. The fire characteristics of the industrial building were considered .

Keywords : technological process, case, mechanical processing.

ВСТУП

Роль машин у народному господарстві незаперечна. Тому машинобудуванню приділяють велику увагу, постійно дбають про його постійний розвиток. Технологія багато в чому окреслює стан і розвиток виробництва. Від рівня її розвитку залежить рівень виробництва, економічність матеріальних витрат і енергетичних ресурсів, якість продукції, що випускається, і багато інших показників.

Важлива роль у прискоренні науково-технічного процесу в машинобудівних галузях, удосконаленні старих і розробці нових методів виробництва і контролю продукції належить методології проектування прогресивних технологічних процесів.

У технології машинобудування існують дві основні проблеми: проблема якості машинобудівної продукції і проблема продуктивності праці. Кожна з цих проблем включає в себе ряд більш вузьких, специфічних проблем, наприклад: надійність і довговічність, технологічність, створення нових методів обробки, автоматизація технологічних процесів і функцій управління в усіх видах виробництва і, нарешті, проблема максимізації ефективності науково-дослідних робіт.

При виконанні кваліфікаційної роботи прийняття рішення про вибір варіанту технологічного процесу, устаткування, оснащення, методів отримання заготовки приймається на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант.

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка нового технологічного процесу механічної обробки корпусу в результаті вдосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки деталі, який при використанні обраного технологічного обладнання та прийнятого оптимальні значення режимів різання, давали б мінімальні витрати енергетичних і матеріальних ресурсів і трудових витрат на виробництво даного корпусу.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Складальна одиниця «корпус – 32.170.06.10 СК», до якої входить деталь «корпус 32.170.06.10» входять до гідромеханічної передачі типу ГМП-3-80 моделі 32.17. ГМП-3-80 має габаритні розміри 982,5x684x526,5 мм. Робочий діапазон передаточних чисел гідро передачі при ККД не менше 80% становить 1,0-4,5, новий діапазон передаточних чисел 1,0-6,3. Керування гідропередачею автоматичне, електрогідравлічне з вибором режиму роботи важелем контролера.

До складальної одиниці «корпус 32.170.06.10 СК» прикладається крутний момент від двигуна автобуса.

Базова деталь вузла – «корпус – 32.170.06.10» виготовлена з алюмінієвого сплаву АК-9Т ОСТ 48-178-90. До базової деталі 1 прикріплена за допомогою 12 шпильок заглушка 3, а також три диска 6. В базовій деталі 1 переміщається вздовж спільної осі поршень 2, який контактує з внутрішньою поверхнею корпусу 1 $\text{Ø}394^{+0,36}\text{мм}$ та зовнішньою поверхнею $\text{Ø}115_{-0,14}\text{мм}$. В отвори корпусу 1 $\text{Ø}90_{-0,050}^{-0,010}\text{мм}$ та $\text{Ø}42^{+0,026}\text{мм}$ встановлюється відповідно підшипник та втулка, в які, в свою чергу встановлюються деталі первинного валу.

Корпус 32.170.06.10 СК знаходиться в порожнині гідротрансформатора і служить для його блокування (з'єднує насосне і турбінне колеса). Блокування гідротрансформатора збільшує ККД гідромеханічної передачі, знижує частоту обертання колінчатого валу двигуна автобуса, а також розхід палива за рахунок усунення ковзання в гідротрансформаторі, покращує тепловий баланс ГМП. Корпус одночасно з кришкою «колеса насоса гідротрансформатора». Ці деталі разом з'єднуються за допомогою 30-ти болтів, які зафіксовані стопорними шайбами.

Основна технічна функція «корпусу» - з'єднати разом насосні та турбінні колеса гідротрансформатора шляхом стикування разом ведучих та ведених дисків

завдяки осьовому переміщенню поршня під дією масла, тиск якого рівний або тиску в робочій порожнині гідротрансформатора або тиску в головній масляній магістралі. Корпус взборі з насосним колесом і ступицею балансується з використанням «пластини балансування» (10шт).

Базова деталь вузла – корпус 32.170.06.10 використовується для передачі крутного моменту від дисків до колеса насоса гідротрансформатора; виконує функції циліндра для поршня і забезпечує співвісність заглушки, підшипника та втулки.

Основною базовою поверхнею деталі, відносно якої визначається положення більшості основних поверхонь, служить циліндричний глухий отвір Г – $\varnothing 379^{+0,057}$. Заглушка встановлюється в глухий отвір Е – $\varnothing 110^{+0,035}$, зовнішнє кільце підшипника в отвір Ж – $\varnothing 90^{-0,010}_{-0,045}$. Допуски співвісності відносно осі пов. Г осей двох отворів становить 0,016мм. Іншою базовою поверхнею служить торець деталі Д, яким вона приєднується до колеса насоса гідротрансформатора. Допуск перпендикулярності осей пов. Е відносно торця Д становить 0,03мм. Допуск площинності пов. Д – 0,08мм. Поршень переміщується вздовж отв. $\varnothing 350^{+0,057}$, радіальне биття якого відносно пов. Г та Д становить 0,08мм. В деталі необхідно забезпечити також биття лівого торця пов. Г та Д (допуск становить 0,08мм), а також торцьове биття торця отв. $\varnothing 350^{+0,057}$ відносно пов. Г та Д (допуск 0,08мм).

Розміри основних отворів виконуються за IT7, що в загальному машинобудуванні є практичною межею точності. Однак це дозволить витримати при складанні і співвісність з'єднаних деталей, а відтак працездатність вузла і виробу в цілому. Шорсткість основних поверхонь становить за Ra-1,6мкм, решта поверхні, як циліндричні, так і торцьові повинні мати шорсткість від 3,2мкм до 12,5мкм.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що основні технічні вимоги в основному відповідають службовому призначенню вузла «корпус 32.170.06.10 СК».

1.2. Вибір методу одержання заготовки, економічне обґрунтування

Точність виливка повинна відповідати 7 класу точності, ряду припусків – 5, ступінь жолоблення – 0, клас точності мас – 0. Приймаємо наступну точність виливка: Іт – Іт – 2 – 5 ГОСТ 26645-95.

Розрахунок маси деталі:

$$m_{дет} = \rho \cdot V_{дет} = 2,75 \cdot 10^{-6} \cdot 1911736 = 5,257 \approx 5,26 \text{ кг.}$$

де ρ - густина матеріалу ($\rho = 2,75 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$).

Маса заготовки визначається за формулою:

$$m_{заг} = \rho \cdot V_{заг}.$$

де $V_{заг}$ об'єм заготовки.

$$m_{заг} = 2,75 \cdot 10^{-6} \cdot 2703035 = 7,43 \text{ кг.}$$

«Вартість штучної заготовки визначаємо за формулою [1]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot m_{заг} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (m_{заг} - m_{дет}) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де C_i - базова вартість 1 т заготовки, грн.; $m_{заг}$ - маса заготовки; $m_{дет}$ - маса готової деталі; $S_{відх}$ - ціна 1 т відходів, грн.; K_T - коефіцієнт, який залежить від точності відливки; K_C - коефіцієнт, який залежить від групи складності відливки; K_B - коефіцієнт, який залежить від маси відливки; K_M - коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу; K_{II} - коефіцієнт, який залежить від об'єму виробництва» [1].

Таблиця 1.1. - Вихідні дані для різних способів отримання заготовки

Спосіб отримання заготовки	Маса заготовки, $m_{заг}$	Коефіцієнти					Базова вартість C_i , грн	Ціна відходів $S_{відх}$, грн	Собівартість заготовки $S_{заг}$, грн
		K_T	K_C	K_B	K_M	K_{II}			
1. Лиття в піщані форми	7,43	1,05	1,0	0,96	5,94	1,0	16100	2400	664,1
2. Лиття в кокіль із стрижнями	7,43	1,0	1,0	0,96	3,38	1,0	17100	2400	360,2
3. Лиття в оболонкові форми	7,43	1,0	1,0	0,9	4,65	0,77	23600	2400	512,9
4. Лиття за	7,43	1,0	1,0	0,61	2,11	0,77	148100	2400	1038,5

моделями що виплавляються									
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

За результатами розрахунку найнижча собівартість очікується при отриманні заготовок литтям в кокіль, $S_2 = 360,2 \text{ грн}$. Економічний ефект прийнятого способу отримання заготовки – литтям в кокіль в порівнянні до лиття в піщані форми становить:

$$E_1 = (S_1 - S_2) \cdot N = (664,1 - 360,2) \cdot 12000 = 364800 \text{ грн}.$$

До лиття в оболонкові форми:

$$E_3 = (S_3 - S_2) \cdot N = (512,9 - 360,2) \cdot 12000 = 183400 \text{ грн}.$$

Таким чином, прийнятий спосіб отримання заготовки – лиття в кокіль.

1.3. Вибір методів обробки поверхонь

Методика вибору кількості етапів обробки окремої поверхні деталі полягає в послідовному уточненні розміру заготовки до розміру деталі при застосуванні економічно доцільних методів обробки та проводиться згідно методики [1, с.51].

Порядок вибору методів оброблення показаний на прикладі оброблення пов. 4 – $\text{Ø}110\text{H}7^{(+0,035)}$.

$$T_{\text{дет}} = 0,035; T_{\text{заг}} = 1,0.$$

$$\varepsilon_{y.\text{заг}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{1,0}{0,035} = 28,57 \approx 29;$$

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{y.\text{заг}}}{0,46} = \frac{\lg 29}{0,46} = 3,17.$$

Приймаємо $n=3$.

Допуски для проміжних етапів обробки пов. 4.

$$T_1 = 0,22 \text{ мм}; T_2 = 0,087 \text{ мм}; T_3 = T_{\text{дет}} = 0,035 \text{ мм}.$$

Проміжні коефіцієнти уточнень.

$$\varepsilon_{y1} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1} = \frac{1,0}{0,22} = 4,54;$$

$$\varepsilon_{y2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,22}{0,087} = 2,53;$$

$$\varepsilon_{y3} = \frac{T_2}{T_{\text{дем}}} = \frac{0,087}{0,035} = 2,48.$$

Розрахункове уточнення:

$$\varepsilon_y = \prod_{i=1} \varepsilon_{yi} = \varepsilon_{y1} \cdot \varepsilon_y = \varepsilon_{y3} = 28,48.$$

Умова $\varepsilon_y \leq \varepsilon_{y.\text{заг}}$ виконується.

Для інших циліндричних поверхонь:

$$\text{Ø}42\text{H}7^{(+0,025)}\text{-Ra}=1,6; n=3;$$

$$\text{Ø}90\text{H}7^{(+0,010}_{-0,045})\text{-Ra}=1,6; n=3;$$

$$\text{Ø}350\text{H}7^{(+0,057)}\text{-Ra}=0,8; n=3;$$

$$\text{Ø}379\text{H}7^{(+0,057)}\text{-Ra}=1,6; n=3;$$

$$\text{Ø}115\text{h}10_{(-0,14)}\text{-Ra}=3,2; n=1;$$

$$\text{Ø}394\text{H}11^{(+0,360)}\text{-Ra}=1,6; n=2;$$

$$5,2\text{H}11^{(+0,079)}\text{-Ra}=0,8; n=2.$$

1.4. Попереднє встановлення типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва встановлюємо за коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$ та проводиться згідно методики [1, с.55].

Вихідні дані: $N = 12000\text{шт}$; режим роботи – двозмінний; маса деталі $m = 5,26\text{кг}$.

Такт випуску:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{д}}}{N} = \frac{60 \cdot 4055}{12000} = 20,275\text{хв}.$$

Результати зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. - Попереднє встановлення типу виробництва

Номер і назва операції	$T_{\text{шт}}$, хв	m_p	$C_{\text{пр}}$	$\eta_{з.факт}$	O
005 Токарна	4,519	0,232	1	0,232	5,6
010 Токарна	1,253	0,062		0,062	

015 Токарна	3,031	0,149		0,149	
020 Токарна	1,209	0,059		0,059	
025 Радіально-свердлильна	7,666	0,378		0,378	
030 Радіально-свердлильна	4,519	0,232	1	0,232	3
035 Радіально-свердлильна	1,984	0,098		0,098	
040 Вертикально-свердлильна	0,581	0,028	1	0,028	25
045 Токарна	12,025	0,593	1	0,593	1,3
Всього	36,787		4		35

Загальна кількість робочих місць:

$$C_{np} = 4.$$

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum C_{np}} = \frac{35}{4} = 8,75.$$

Згідно ГОСТ 3.1108-94 встановлено, що тип виробництва – великосерійний так як $1 < K_{з.о.} \leq 10$.

Загальна кількість основних операцій $k = 9$.

$$T_{ум.о} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k T_{ум.i} = \frac{1}{9} \cdot 36,787 = 4,087 \text{ хв.}$$

Середнє число робочих місць R_M :

$$R_M = \frac{T_{ум.о}}{\tau} = \frac{4,087}{20,275} = 0,202$$

Так як $R_M < 0,6$, доцільно застосовувати групову форму організації виробництва.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Відпрацювання деталі на технологічність

Якісні показники технологічності:

1. Деталь має просту і правильну геометричну форму, що полегшує її базування в процесі механічного оброблення, спрощує процес отримання заготовки.
2. Показники базових поверхонь (точність, шорсткість) деталі забезпечують можливість застосування типового технологічного процесу її виготовлення.
3. Оброблення поверхонь забезпечується на прохід, що допускає застосування високопродуктивного устаткування.
4. Конструкція деталі дозволяє застосовувати граничні калібри для контролю поверхонь; не вимагає застосування унікальних вимірних пристроїв та інструментів.

Кількісні показники технологічності.

В якості кількісних показників використовуємо: коефіцієнт точності обробки, шорсткості поверхні, уніфікації конструктивних елементів позначені відповідно K_m , $K_{ш}$, K_y .

Дані зведемо в таблицю 2.1.

а) коефіцієнт точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,15} = 0,924.$$

де T_{cp} – середній коефіцієнт точності.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 6 + 13 \cdot 30 + 12 \cdot 3 + 11 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 5}{113} = 13,15.$$

Так як $T_m \geq T_{m.норм}$ – деталь технологічна ($T_{m.норм} = 0,8$).

б) коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} = \frac{1}{7,37} = 0,136;$$

Таблиця 2.1 - Конструктивні параметри деталі «корпус»

Назва, позначення поверхонь	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Параметр шорсткості Ra, мкм	Квалітет точності розміру IT	Кількість розмірів одного квалітету
Торець 1	1	-	6,3		
Отвір, різьба 3	12	12	6,3		
Фаска 2	12	12	6,3	14	69
Внутрішня циліндр. 4	1	-	1,6		
Фаска 5	1	1	6,3	13	30
Торець 6	1	-	6,3		
Отвір, різьба 7	3	3	6,3	12	3
Фаска 8	3	3	6,3		
Торець 9	1	-	1,6	11	3
Внутрішня циліндр. 10	1	-	1,6		
Торець 11	1	-	1,6	10	1
Внутрішня циліндр. 12	1	-	1,6		
Торець 13	1	-	6,3	9	0
Фаска 14	1	-	6,3		
Внутрішня циліндр. 15	1	-	0,8	8	2
Канавка внутр. 16	1	-	6,3		
Фасонна зовнішн. 17, 18, 19	1	-	6,3	7	5
Зовнішня циліндр. 20	1	-	3,2		
Фаска 21	1	-	6,3	6	0
Торець 22	1	-	6,3		
Канавка зовн. 23	1	-	0,8/3,2		
Фаска 24	1	-	6,3		
Внутрішня циліндр. 25	1	-	1,6		
Фаска 26	1	1	6,3		
Внутрішня циліндр. 27	1	1	1,6		
Торець 28	1	-	3,2		
Отвори 29	3	3	6,3		
Отвори 30	28	28	6,3		
Отвори 31	30	30	12,5		
Отвори 32	2	2	1,6		

$$\text{де } Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n}{\sum n_i} = \frac{0,8 \cdot 3 + 6,3 \cdot 12 + 1,6 \cdot 9 + 3,2 \cdot 3 + 12,5 \cdot 30}{116} = 7,37.$$

Так як $K_{ш} \leq K_{ш.норм}$ – деталь технологічна ($K_{ш.норм} = 0,32$).

в) коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{y.e} = \frac{n_{уніф}}{\sum n_i} = \frac{96}{116} = 0,827.$$

Так як $K_{y.e} \geq K_{y.норм}$ – деталь технологічна ($K_{y.норм} = 0,6$).

2.2. Вибір і розрахункове обґрунтування технологічних баз

Згідно з ГОСТ 21495-97 при виборі технологічних баз необхідно керуватися принципом єдності та постійності баз, кількість опорних точок на схемах доповнювати до повного комплекту (правило «шести точок»). Вибір технологічних баз складається з трьох етапів:

- 1) технологічний аналіз призначення різних поверхонь деталі;
- 2) вибір чистових баз;
- 3) вибір чорнових баз;

Етап 1. основними базами деталі є поверхні, які визначають положення деталі відносно інших деталей у вузлі. До основних баз відносяться: пов. 12 та торець 9.

Допоміжними базами є поверхні, які визначають положення інших деталей, що приєднуються до даної, займаючи визначене положення відносно основних баз. До допоміжних баз належать торець 13 та циліндрична пов. 15, циліндричні пов. 25, 27, 4 та торці 22, 28, 1.

Решта поверхонь відносяться до вільних.

Етап 2. Виходячи з службового призначення деталі, аналізу технічних вимог, з метою досягнення необхідної точності деталі за чистові технологічні бази вибираємо основні бази. Особливу увагу необхідно звернути на технічні вимоги до деталі необхідно забезпечити відносно пов. 9 та 12 допуск радіального биття 0,08мм пов. 15; допуск торцьового биття 0,05мм пов. 1; допуск перпендикулярності пов. 4; допуск торцьового биття пов. 13; допуск співвісності отвору 4 – 0,016мм; допуск співвісності отвору 25 – 0,016мм.

Крім цього, необхідно забезпечити допуск площинності пов. 9 – 0,08мм; позиційний допуск осей отворів 30, 32 та 3 в радіальному вираженні R 0,16мм відносно пов. 12.

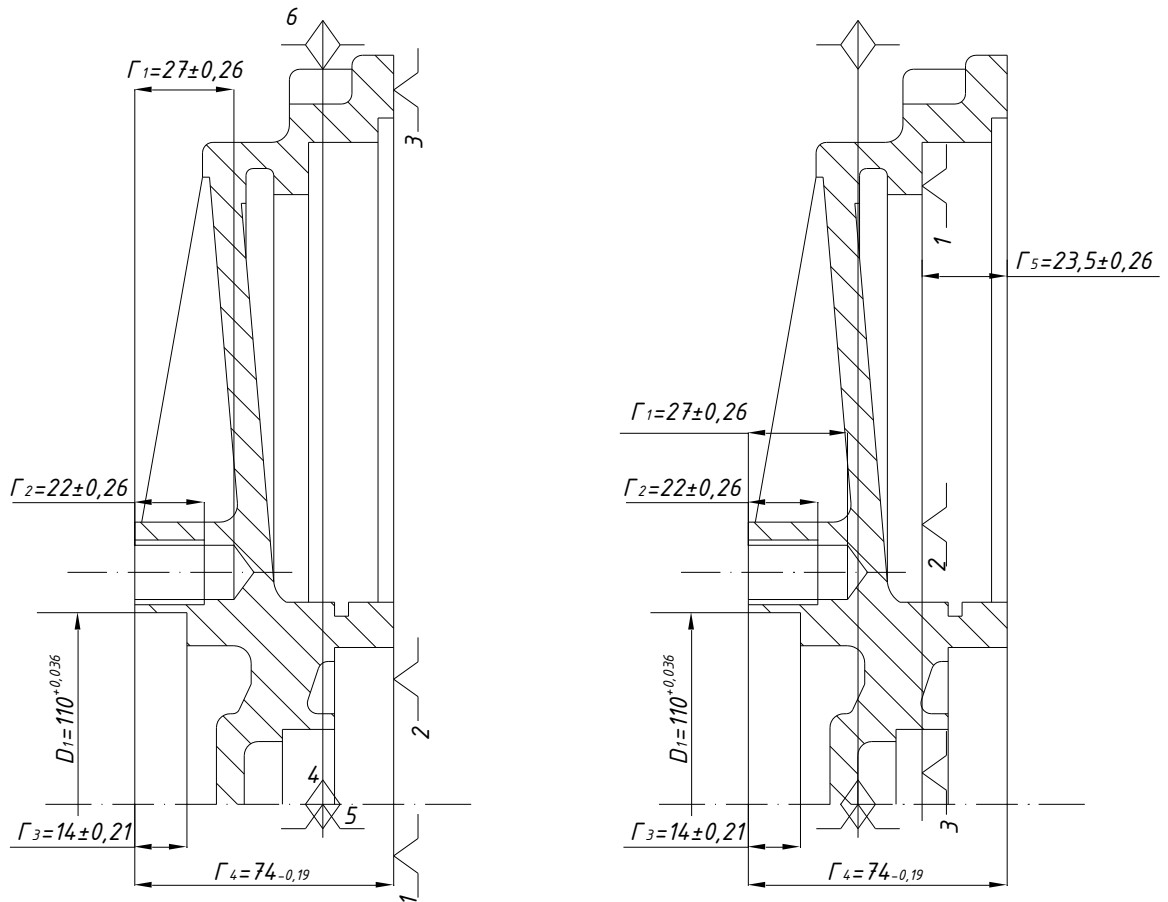


Рисунок 2.1 Схеми базування

Похибки базування при отриманні діаметральних розмірів для I та II варіантів:

$$\varepsilon_{\delta} = (D_1) = 0;$$

Похибки базування при отриманні лінійних розмірів:

а) варіант 1:

$$\varepsilon_{\delta}(\Gamma_3) = \varepsilon_{\delta}(\Gamma_2) = \varepsilon_{\delta}(\Gamma_1) = T(\Gamma_4) = 0,19 \text{ мм};$$

б) варіант 21:

$$\varepsilon_{\delta}(\Gamma_3) = \varepsilon_{\delta}(\Gamma_2) = \varepsilon_{\delta}(\Gamma_1) = T(\Gamma_4) + T(\Gamma_5) = 0,71 \text{ мм}.$$

Вибираємо варіант 1. Забезпечити необхідну точність розмірів Γ_4 та Γ_3 можна також при їх одночасній обробці. Отримуємо наступний оптимальний варіант маршруту обробки:

005 Токарна напівавтоматна з ЧПК.

1. Торцювати пов. 9.
2. Розточити пов. 10 начорно.

3. Розточити пов. 12 начорно.
4. Точити торець 11 та 13 послідовно.
5. Розточити пов. 15 начорно.
6. Розточити пов. 25 начорно, точити торець 22 начорно послідовно.
7. Розточити пов. 27 начорно, точити торець 28 начорно послідовно.
8. Розточити канавку 16 одноразово.
9. Точити циліндричну пов. 20, фасонні пов. 19, 18, 17 послідовно.
10. Точити канавку 23 начорно і начисто.
11. Точити фаски 26, 24, 21, 14 послідовно.
12. Розточити пов. 12, 15 начисто послідовно.
13. Розточити пов. 25, 27 начисто послідовно.

010 Токарна.

1. Торцювати пов. 1.
2. Розточити пов. 4 начорно і начисто, точити торець 6 начорно послідовно.
3. Точити фаску 5.

015 Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити 10 отв. 30 одночасно, зенкувати 10 фасок 31 одночасно.
2. Повернути деталь з елементом пристрою на 12° .
3. Виконати перехід 1.
4. Виконати перехід 2.
5. Виконати перехід 1.

020 Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити 12 отв. 3, зенкувати 12 фасок 2 одночасно.
2. Нарізати різьбу в 12 отв. 13 одночасно.

025 Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити 3 отв. 7 послідовно з поворотом деталі.
2. Зенкувати 3 фаски 18 послідовно з поворотом деталі.
3. Нарізати різьбу в 3 отв. 7 послідовно.

030 Вертикально-свердлильна.

вердлити 3 отв. 29 послідовно.

035 Токарна.

1. Розточити пов. 12 тонко.
2. Розточити пов. 15 тонко.
3. Розточити пов. 25 та 27 тонко послідовно.
4. Торцювати пов. 22, 11, 13, 9 послідовно начисто.
5. Перевстановити деталь.
6. Розточити пов. 4 тонко.

2.3. Визначення допусків, припусків і операційних розмірів

Розрахую припуски на обробку та операційні розміри для поверхні Ø42H7. Технологічний маршрут обробки поверхні складається з трьох переходів: чорнового, чистового і тонкого розточування, і виконується за дві установки (в патроні, в центрах).

Дані по розрахунку припуску на поверхню Ø42H7 заносимо у табл. 2.4, в яку послідовно записую маршрут обробки та значення елементів припуску

Сумарне значення Rz і T, що характеризує якість поверхні литих заготовок складає 500 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок визначаємо по формулі, користуючись працею [1]:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2};$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення отвору; $\rho_{зм}$ - величина зміщення отвору;

Величину короблення отвору слід враховувати, як в діаметральному так і в осьовому його січенні, згідно праці [1]:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta kd)^2 + (\Delta kl)^2};$$

де Δk - питома кривизна заготовки на 1мм, що складає $\Delta k_{ор} = 0,75$;

d, l - діаметр і довжина отвору №47, відповідно

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,75 \cdot 35)^2 + (0,75 \cdot 13)^2} = 2,3315 \text{ мм}.$$

Враховуючи, що сумарне значення отвору у виливці зовнішньої поверхні представляє собою геометричну суму в двох взаємоперпендикулярних площинах, отримаємо:

$$\rho_{зм} = \sqrt{(\delta_1 / 2)^2 + (\delta_2 / 2)^2};$$

де δ_1, δ_2 - допуски на розміри отвору, що складають для розміру 35мм, $\delta_1 = 340\text{мкм}$; для розміру 13мм, $\delta_2 = 270\text{мм}$.

$$\rho_{зм} = \sqrt{(340/2)^2 + (270/2)^2} = 217,1\text{мкм}.$$

Отже сумарне значення просторового відхилення складатиме:

$$\rho_3 = \sqrt{2,3315^2 + 0,217^2} = 2,34\text{мм}.$$

Величина залишкового просторового відхилення після попередньої обробки визначається по формулі, згідно праці [1]:

$$\rho_{зал} = k_y \cdot \rho_3;$$

де k_y - коефіцієнт уточнення форми, для наших видів обробки складає:

$$k_{y1} = 0,06 - \text{для чорнового розточування};$$

$$k_{y2} = 0,005 - \text{для чистового розточування};$$

$$k_{y3} = 0,002 - \text{для тонкого розточування};$$

$$\rho_{зал1} = 0,06 \cdot 2,34 = 0,14\text{мм};$$

$$\rho_{зал2} = 0,005 \cdot 2,34 = 0,112\text{мм};$$

$$\rho_{зал3} = 0,002 \cdot 2,34 = 0,005\text{мм}.$$

Отримані значення просторових відхилень заносимо в таблицю 2.4.

Похибка установки при розсвердлюванні визначаємо за допомогою праці [1]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_3^2};$$

де $\varepsilon_б$ - похибка базування; ε_3 - похибка закріплення.

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору складатиме:

$$\varepsilon_б = l \cdot \text{tg} \alpha;$$

де l - довжина оброблюваного отвору, $l = 13\text{мм}$.

$$\varepsilon_б = 13 \cdot 0,005 = 0,065\text{мм}.$$

Похибку закріплення заготовки ε_3 приймаємо рівною 190мкм, згідно праці [1]. Тоді похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{65^2 + 190^2} = 200,8\text{мкм} = 0,2008\text{мм}.$$

Залишкові похибки знаходимо помножуючи ε_1 на коефіцієнти уточнення форми k_y . Знайдені значення заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4.- Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах на обробку Ø42H7

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, d_p , мм	Допуск, δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{ep}$	$2Z_{\max}^{ep}$
Заготовка	500		140	-	-	40,188	330	40,86	40,19	-	-
Чорнове розточування	50	-	11,2	200,8	2·744,13	41,932	130	41,08	41,93	2·0,74	2·0,94
Чистове розточування	20	-	5	12,04	2·66,28	41,998	52	41,94	41,99	2·0,06	2·0,14
Тонке розточування	1,6	-	-	1,00	2·25,11	42,033	33	42	42,033	2·0,04	2·0,06

На основі записаних в таблиці 2.4 значень проводимо розрахунок припусків:

$$2Z_{\min} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{l_{i-1}} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right).$$

Отже, номінальний припуск при чорновому розточуванні:

$$2Z_{\min} = 2\left(500 + \sqrt{140^2 + 200,8^2}\right) = 2 \cdot 744,13\text{мкм}.$$

Результати розрахунку мінімальних припусків для інших переходів зводимо в таблицю 2.4.

Графу таблиці 2.4 "Розрахунковий розмір d_p " заповнюється починаючи з кінцевого, креслярського розміру, послідовно віднімаючи розрахунковий мінімальний припуск кожного технологічного переходу. Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.4. Результати значень допусків кожного переходу приймаємо по таблиці 5 згідно праці [1].

Мінімальні граничні значення припусків Z_{\min}^{np} дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходу, а максимальні значення Z_{\max}^{np} - відповідно різниці найменших граничних розмірів. Результати розрахунку Z_{\min}^{ep} і Z_{\max}^{ep} зводимо в таблицю 2.4.

На основі даного розрахунку будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків при обробці отвору.

Загальний припуск $Z_{o\min}$ і $Z_{o\max}$ визначається сумуванням проміжних припусків

$$2Z_{o\max} = 2(0,94 + 0,14 + 0,06) = 2 \cdot 1,14 \text{ мм};$$

$$2Z_{o\min} = 2(0,74 + 0,06 + 0,04) = 2 \cdot 0,84 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2Z_{оном} = 2Z_{o\min} + B_3 - B_0;$$

де B_3 , B_0 - допуск на розміри заготовки і деталі відповідно; $B_3 = 0,33 \text{ мм}$; $B_0 = 0,033 \text{ мм}$.

$$2Z_{оном} = 2 \cdot 0,84 + 0,33 - 0,033 = 1,97 \text{ мм} = 2 \cdot 0,985 \text{ мм};$$

$$d_{зном} = d_{оном} - z_{оном};$$

де $d_{зном}$ - номінальний діаметр заготовки;

$d_{оном}$ - номінальний діаметр деталі, $d_0 = 42,0165$;

Проведемо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{\max i}^{ep} - 2Z_{\min i}^{ep} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$2 \cdot 0,06 - 2 \cdot 0,04 = 0,052 - 0,033;$$

$$0,02 = 0,02.$$

На інші поверхні деталі допуски вибираємо згідно праці [2] і зводимо в таблицю 2.5. При цьому допуски і припуски на механічну обробку вибираємо по 5-ому класу точності заготовки і по 2-ому ряді припусків.

Таблиця 2.5 - Припуски та допуски заготовки на розміри та поверхні деталі «корпус»

Поверхні	Розмір	Припуск, мм	Допуск	Розміри
----------	--------	-------------	--------	---------

деталі	деталі, мм	табличний	розрахунковий	заготовки, мм	заготовки, мм
1	2	3	4	5	6
1 – 9	74h11	3,6 – 3,6		0,90	81,2±0,45
4	Ø110H7	2·4,2		1,00	101,6±0,5
1 – 6	14Is14	3,6 – 3,2		0,56	14,4±0,28
33 – 9	30	0 – 3,6		0,70	33,6±0,35
10	Ø394H11	2·3,8		1,20	386,4±0,6
12	Ø379H7	2·4,2		1,20	370,6±0,6
15	Ø350H7	2·4,2		1,20	341,6±0,6
16.1	Ø364 _{0,36}	2·4,2		1,20	355,6±0,6
16.2	8H14	2·3,0		0,44	2,0
20	Ø115h10	2·3,6		1,00	123,2±0,5
25	Ø90H7	2·4,0		0,90	84,9±0,45
27	Ø42H7	2·3,8		0,80	35±0,4
9 – 11	4,2 ^{+0,1}	3,6 – 3,0	2·1,55	0,44	4,8±0,22
9 – 13	24,5±0,065	3,6 – 3,4		0,64	24,7±0,32
13 – 16.2	11 ^{+0,12}	3,4 – 3,0		0,56	11,4 - немає

2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Призначення режимів різання та вибір моделі верстату аналітичним способом покажемо на прикладі операції свердління.

Операція 020. Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити 12 отв. 3 одночасно.
2. Нарізати різьбу в 12 отв. 3 одночасно.

Діаметр отв. – Ø10,7 мм.

Розмір метричної різьби – М12х1,25-7Н.

Різальний інструмент:

- свердло 1296-3402 P6M5 ГОСТ 2092-97.
- мітчик 1331-0004 P6M5 ГОСТ 6227-90.

а) свердління отв. Ø10,7 мм.

Глибина різання – $t = 0,5D = 0,5 \cdot 10,7 = 5,35 \text{ мм}$;

Подача $S = 0,27 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{36,3 \cdot 12,7^{0,5}}{60^{0,125} \cdot 0,27^{0,55}} \cdot 1,0 = 84,4 \text{ м/хв};$$

де C_v, q, m, y - постійний коефіцієнт, показники елементів.

$$C_v = 36,3; \quad q = 0,25; \quad y = 0,55; \quad m = 0,125.$$

T - період стійкості свердла, $T = 60 \text{ хв}$;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ev} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{mv} = 1,0; \quad K_{iv} = 1,0; \quad K_{ev} = 1,0.$$

Потужність різання, кВт для одного свердла:

$$N'_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,01 \cdot 84,4}{9750} = 0,517 \text{ кВт};$$

де n - частота обертання свердла.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 84,4}{\pi \cdot 10,7} = 2510,8 \text{ об/хв};$$

$M_{кр}$ - крутний момент, Н·м;

$$M_{кр} = 10C_n \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 10,7^{2,0} \cdot 0,27^{0,8} \cdot 1,0 = 2,01 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де C_n, q, y - постійний коефіцієнт та показники степенів;

$$C_n = 0,005; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8;$$

$$K_p = K_{mp} = 1,0$$

$$N_e = 12 \cdot N'_e = 12 \cdot 0,517 = 6,2 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна верстата:

$$N_{ел.дв} \geq \frac{N_{риз}}{\eta} = \frac{6,2}{0,8} = 7,76 \text{ кВт};$$

де $\eta = 0,80$ - ККД верстата.

Вибираємо вертикально свердлильний одношпindelний верстат мод. 2Г175Б.

Потужність електродвигуна верстата $N_{ел.дв} = 11 \text{ кВт}$;

Уточнення режимів різання по паспортним даним верстата:

$$n = 2500 \text{ об/хв}; \quad S_g = 0,23 \text{ мм/об}; \quad N_e' = 0,453 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{эл.дв.д}} \geq \frac{N_d}{\eta} = \frac{5,43}{0,8} = 6,8 \text{ кВт}.$$

б) нарізання різьби М12х1,25-7Н.

1. глибина різання $t = \frac{1}{2}(D - D_{\text{омв}}) = \frac{1}{2}(12 - 10,7) = 0,65 \text{ мм};$

2. осьова подача $S = 1,25 \text{ мм};$

3. швидкість різання, м/хв.:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{20 \cdot 12^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,25^{0,5}} \cdot 1,0 = 6,15 \text{ м/хв};;$$

де C_v, q, m, y - постійний коефіцієнт, показники елементів.

$$C_v = 20,0; \quad q = 1,2; \quad y = 0,5; \quad m = 0,9.$$

T - період стійкості інструменту, $T = 90 \text{ хв};$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ev} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Крутний момент при нарізанні різьби:

$$M_{кр} = 10 C_n \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0022 \cdot 12^{1,8} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1,0 = 2,69 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де C_n, q, y - постійний коефіцієнт та показники степенів;

$$C_n = 0,0022; \quad q = 1,8; \quad y = 1,5;$$

$P = 1,25$ - крок різьби.

$$K_{mp} = 1,0.$$

Ефективна потужність різання одним мітчиком:

$$N_e' = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,69 \cdot 163,1}{975} = 0,45 \text{ кВт};$$

де n - частота обертання мітчика.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 6,15}{\pi \cdot 12} = 163,18 \text{ об/хв};$$

Загальна ефективна потужність різання 12-ма мітчиками:

$$N_e = 12 \cdot N_e' = 12 \cdot 0,45 = 5,4 \text{ кВт}.$$

Необхідна потужність двигуна верстата:

$$N_{ел.дв} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{5,4}{0,8} = 6,75 \text{кВт};$$

Уточнення режимів різання по паспортним даним верстата:

$$n_d = 160 \text{об/хв};$$

Дійсна ефективна потужність різання 12-ма мітчиками:

$$N_{е.д.} = 12 \cdot \frac{M_{кр} \cdot n}{975} = 5,26 \text{кВт}.$$

Дійсна потужність двигуна верстата:

$$N_{ел.дв.д} \geq \frac{N_{е.д.}}{\eta} = \frac{5,26}{0,8} = 6,58 \text{кВт}.$$

Для інших операцій маршруту обробки деталі режимами різання визначаємо табличним методом. Результати наведені в таблиці 2.7

Таблиця 2.7- Режими різання та моделі верстатів для операцій ТП обробки корпусу

Номер, назва, і зміст операції	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв. ⁻¹	N _{розр} кВт	Верстат		S _{пасп.} , мм/об	n _{пасп.} , хв. ⁻¹	V _{пасп.} , м/хв
						Модель	N _{ел.д.} кВт			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна з ЧПК										
1. торцювати пов. 9, 34	2,84	0,25	330	238,7	4,38	1751Ф3	19,5	0,25	200	276,5
2. розточити отв. 10 начорно	3,14	0,35	330	1167,2	4,63			0,25	1000	282
3. розточити пов. 12 начорно	3,10	0,35	330	252,5	4,5			0,35	250	327
4. точити торець 11	3,15	0,35	330	277,2	4,5			0,35	250	297
5. точити торець 13	2,97	0,25	330	266,6	4,37			0,25	250	310
6. розточити пов. 15 начорно	2,38	0,25	330	277,2	4,0			0,35	250	274
7. розточити пов. 25 начорно	2,35	0,35	330	300,1	4,0			0,35	1000	282
8. точити торець 22 начорно	2,55	0,25	330	1167,2	3,63			0,25	1000	282
9. розточити пов. 27 начорно	2,26	0,25	330	2501,1	3,38			0,25	1250	164
10. точити торець 28 начорно	2,26	0,25	330	2501,1	3,38			0,25	1250	164
11. точити канавку 16 однор.	8	0,08	330	288,6	5,38		0,075	250	286	

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12. точити пов. 20 однораз	5,75	0,10	330	913,4	4,5			0,1	800	289
13. точити канавку 23 начор	5,0	0,08	330	981,7	3,38			0,075	800	269,1
14. точити фаски 26, 24, 21, 14 послідовно	1,6	0,25	330	2501	2,38			0,25	1250	164
15. розточити пов.12 начисто	1,38	0,2	330	335,9	2,0			0,2	315	376
16. розточити пов.15 начисто	1,1	0,2	400	363,8	1,5			0,2	315	347,1
17. розточити пов.25 начисто	0,91	0,2	400	1414,7	1,37			0,2	1250	353,6
18. розточити пов.27 начисто	0,68	0,2	400	3031,5	0,75			0,2	1250	164,9
010 Токарна										
1. торцювати пов. 1	2,7	0,25	330	648,4	4,0	16K20	10,0	0,25	630	320,8
2. розточити пов. 4 начорно і начисто	2,35	0,35	330	954,9	3,25			0,35	800	276,6
3. торцювати пов. 6 начорно	3,2	0,25	330	954,9	4,62			0,25	800	276,6
4. точити фаску 5	1,6	0,25	330	954,9	2,63			0,25	800	276,6
015 Вертикально- свердлильна										
1. свердлити 10 отв. 30 одночасно, зенкувати 10 фасок 31 одночасно. 2. повернути деталь на 12° 3, 5. див. п.1	5,25	0,27	54	1637,1	6,8	2Г175Б	11,0	0,21	1400	46,18
020 Вертикально- свердлильна	5,35	0,27	84,4	2510,8	7,76			0,23	1400	47,06
1. свердлити 12 отв. 3, зенкувати 12 фасок 2 одночасно 2. нарізати різьбу М12х1,25 в 12 отв. 3 одночасно	0,65	1,25	6,15	163,1	6,75	2Г175Б	11,0	1,25	160	6,11
025 Вертикально- свердлильна										
1. свердлити 3 отв. 7 послідовно	3,4	0,2	53	2480	0,58	2Г175Б	11,0	0,21	1400	29,9
2. зенкувати 3 фаски 8 послідовно	0,6	0,2	80	3183	-			0,21	1400	35,2
3. нарізати різьбу М8-7Н в 3 отв. 7 послідовно	0,6	1,25	6,0	238,7	0,51			1,25	200	5,1

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
030 Вертикально-свердлильна Свердлити 3 отв. 29 послідовно з поворотом деталі	3,0	0,2	50	2652	0,45	2НІ35Б	4,0	0,21	1400	26,4
035 Токарна										
1. розточити пов. 12 тонко	0,32	0,1	460	386,3	0,24	16К25П	10,0	0,1	315	375
2. розточити пов. 15 тонко	0,25	0,1	460	418	0,18			0,1	400	440
3. розточити пов. 25 тонко	0,26	0,1	460	1626	0,19			0,1	1250	353
4. розточити пов. 27 тонко	0,20	0,1	460	3486	0,15			0,1	1250	164
5. торцювати пов. 22, 13, 11, 9 послідовно	0,89	0,2	460	386	1,13			0,2	1250	353
6. розточити пов. 4 тонко	0,30	0,1	460	1331	0,23			0,2	1250	432,1

2.6. Нормування технологічного процесу

Технічна норма часу в умовах великосерійного виробництва визначається штучно-калькуляційним часом $T_{шт.к}$ та проводиться згідно методики [1, с.127].

Розрахунок норм часу виготовлення деталі корпус подано в таблиці 2.8

Таблиця 2.8. - Технічні норми часу виготовлення деталі корпус

Операція	T_o	$T_{доп}$				$T_{доп}$	$T_{он}$	$T_{обс} + T_{відп}$	$T_{умт}$	$T_{п.з}$	$T_{умт-к}$
		$T_{в.з}$	$T_{з.в}$	$T_{к.}$	$T_{вим}$						
005 Токарно-напівавтоматна з ЧПК	2,94	0,22	0,04	0,05	0,60	0,91	3,86	0,30	4,16	90	4,68
010 Токарна	0,42	0,22	0,04	0,05	0,12	0,88	1,30	0,11	1,42	36	1,63
015 Вертикально-свердлильна	0,12	0,10	0,06	0,13	0,08	0,52	1,94	0,17	2,11	43,5	2,36
020 Вертикально-свердлильна	0,22	0,10	0,06	0,05	0,08	0,29	0,52	0,04	0,57	43,5	0,81
025 Вертикально-свердлильна	0,36	0,10	0,06	0,05	0,08	0,29	0,66	0,05	0,72	20	0,83
030 Вертикально-свердлильна	0,51	0,10	0,06	0,13	0,08	0,58	1,09	0,09	1,19	20	1,31
035 Токарна	2,54	0,22	0,04	0,5	0,75	1,51	4,05	0,36	4,41	42	4,65

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Пристрій свердлильний для отримання отворів M12x1,25-7H

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії та структурної схеми

Оскільки маємо великосерійне виробництво, то виникає необхідність проектування спеціальних верстатних пристроїв.

Пристрій свердлильний використовується при виконанні операції 020 – вертикально-свердлильної для одночасного оброблення 12 отворів $\text{Ø}10,7\text{H}12$ та нарізання різьби M12x1,25-7H.

Заготовка встановлюється на пов. 9, а також базується за отв. 3- зрізаний палець та за поверхні 20 або 25.

В якості силового елемента використовується пневмоциліндр, вмонтований в корпус пристрою, що дає змогу зменшити габарити і масу самого пристрою.

Пристрій встановлюється на стіл вертикально-свердлильного верстату мод. 2Г165Б в комплекті з багатошпindelною свердлильною головкою, в якій повертаючи шпindelну коробку встановлюється в робоче положення 12 шпindelів із ступінчастими свердлами або 12 шпindelів із мітчиками. До кожної частини шпindelної коробки прикріплені кондукторні плити, які в кожній позиції, при переміщенні шпинделя верстату вниз центруються за допомогою виступаючих пальців пристрою.

Точність, що забезпечується даним пристроєм, повинна бути не нижчою, ніж допуск на розмір від базової до оброблюваної поверхні – який становить у радіусному вираженні 0,16 мм. Виконавчі розміри: діаметр базового отвору 30 – $10,5^{+0,180}$; діаметр зовнішньої циліндричної пов. 20 – $\text{Ø}117_{-0,14}$, діаметр отв. 25 – $\text{Ø}83\text{б}66\text{H}9^{(+0,087)}$.

Переваги даного пристрою:

- просте і зручне базування заготовки;
- скорочення штучного часу за рахунок зменшення допоміжного;

- зменшення собівартості отримання деталі.

Недоліки пристрою:

- необхідність оснащення робочого місця пневмокамерою;
- необхідність використання допоміжного робітника – налагоджувача.

3.1.2. Розрахунок пристрою на точність

На точність оброблення впливає ряд факторів, які викликають сумарну похибку

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta \varepsilon_y)^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_i)^2 + (K_5 \sum \Delta_e)^2 + (K_6 \sum \Delta_t)^2};$$

де $K = 0,683$ - коефіцієнт відносного розсіювання вихідного параметра (коефіцієнт ризику);

$K_1 \dots K_6$ - коефіцієнти, що враховують відповідні закони розподілу похибок, приймаємо $K_1 = K_2 = K_3 = 1,0$, $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$.

$\Delta \varepsilon_y$ - похибка встановлення заготовки;

Δ_y - похибка пружних деформацій;

Δ_n - похибка налагодження технологічної системи на отримання заданого розміру.

Δ_i - похибка, яка виникає внаслідок розмірного зношування різального інструменту;

$\sum \Delta_e$ - сумарна похибка форми оброблюваної поверхні, викликана геометричною неточністю верстата, деформацією заготовки при її закріпленні;

$\sum \Delta_t$ - сумарна похибка коливань пружних об'ємних і контактних деформацій елементів технологічної системи внаслідок її нагріву при різанні, тертя рухомих елементів, зміни температури в цеху тощо.

1) Похибка встановлення заготовки $\Delta \varepsilon_y$:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2};$$

де ε_{δ} - похибка базування; ε_3 - похибка закріплення; ε_{np} - похибка положення заготовки.

1.1. похибка базування: при закріпленні циліндричної поверхні у цанзі – похибка базування у радіальному напрямку відсутня $\varepsilon_{\delta} = 0$.

1.2. похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$, так як даний пристрій оснащений пневматичним затискним механізмом;

1.3. похибка положення заготовки ε_{np} дорівнює:

$$\bar{\varepsilon}_{np} = \bar{\varepsilon}_{\delta} + \bar{\varepsilon}_{3n} + \bar{\varepsilon}_{вст};$$

$$\varepsilon_{\delta} = 10 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{3n} = \beta \cdot N^n;$$

де N - кількість контактів заготовки з установчими елементами;

$\beta = 0,002$ - постійна, яка залежить від виду установчих елементів;

$n = 1$ для опор з плоскою поверхнею.

$$\varepsilon_{3n} = 0,002 \cdot 12000^1 = 24 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{вст} = 38 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{np} = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_{\delta}^2 + \lambda_2 \varepsilon_{3n}^2 + \varepsilon_{вст}^2};$$

де $t = 3$ - коефіцієнт, який визначає частку можливого браку (робота без браку);

$\lambda_1 = \lambda_2 = 1/9$, коефіцієнти, які залежать від закону розподілу випадкових величин.

$$\varepsilon_{np} = 3 \sqrt{\frac{1}{9} 10^2 + \frac{1}{9} 24^2 + 38} = 64 \text{ мкм};$$

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{0 + 0 + 64^2} = 64 \text{ мкм}.$$

2. Похибку оброблення заготовки $\Delta_y = 0$;

3. Похибка налагодження технологічної системи Δ_n визначається:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + (K_{вим} \cdot \Delta_{вим})^2};$$

Приймаємо:

$$\Delta_p = 45 \text{ мкм}; \Delta_{вим} = 30 \text{ мкм}; \quad K_p = 1,14; \quad K_{вим} = 1,0.$$

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 45)^2 + (1,0 \cdot 30)^2} = 59,4 \text{ мкм}.$$

Приймаємо 60 мкм.

4. Похибку, яка виникає внаслідок зношення різального інструменту Δ_i , приймаємо рівною 20 мкм.

5. Сумарну похибку верстату $\sum \Delta_e$ приймаємо рівною 30 мкм.

6. Сумарну температурну похибку $\sum \Delta_t$ приймаємо рівною 10...15% від сумарної похибки:

$$\Delta't = \frac{1}{0,683} \sqrt{(1,0 \cdot 64)^2 + (1,0 \cdot 0)^2 + (1,0 \cdot 60)^2 + (1,73 \cdot 20)^2 + (1,73 \cdot 30)^2} = 130,8 \text{ мкм};$$

$$\sum \Delta_t = 0,15 \cdot \Delta't = 0,15 \cdot 130,8 = 19,6 \text{ мкм}.$$

Загальна похибка:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_i)^2 + \frac{1}{K^2} (K_1 \sum \Delta_t)^2} = 139,9 \text{ мкм};$$

Приймаємо $\Delta_{\Sigma} = 140 \text{ мкм}$;

Мінімальний допуск на оброблення заданої поверхні становить $T = 146 \text{ мкм}$;

Умова $\Delta_{\Sigma} \leq T_A$ виконується.

3.1.3. Силовий розрахунок параметрів приводу

Під час виконання свердлильної операції заготовка знаходиться в рівновазі під дією сил різання та затиску. «Сила затиску підраховується з врахуванням коефіцієнта запасу:

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

де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу; K_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту; K_2 - коефіцієнт, що враховує зміну сил різання; K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервистому різанні; K_4 - коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску; K_5 - коефіцієнт, що враховує енергомісткість розташування

важелів приводу; K_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку»[1].

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,10.$$

Крутний момент при свердлінні отв. $\varnothing 10,7$ мм становить $M_{кр} = 2,01H \cdot м$.

Сумарний крутний момент M при свердлінні одночасно дванадцяти отворів:

$$M = n \cdot M_{кр};$$

$$M = 12 \cdot 2,01 = 24,12H \cdot м = 24120H \cdot мм.$$

Схема затяжки N цанги при наявності осьового упора дорівнює:

$$N = (Q + Q') \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi_1 \right];$$

де Q - сила закріплення заготовки, Н; φ - кут між цангою та втулкою, $\varphi = 7^\circ$; α - кут цанги, $\alpha = 40^\circ$.

$$N = (8669 + 1800) \left[\operatorname{tg} \left(\frac{40^\circ}{2} + 7^\circ \right) + \operatorname{tg} 10^\circ \right] = 7180H$$

Сила закріплення заготовки:

$$Q = \frac{K \sqrt{(M^2/r^2) + P^2}}{\alpha_1} = \frac{3,10 \sqrt{(24120/57,5)^2 + 0}}{0,15} = 8669H.$$

де M - момент, що утримується цангою;

$$M = 24,12H \cdot м;$$

$r = 57,5$ - радіус базової поверхні заготовки;

$P = 0$ - осьова сила, яка зсуває заготовку.

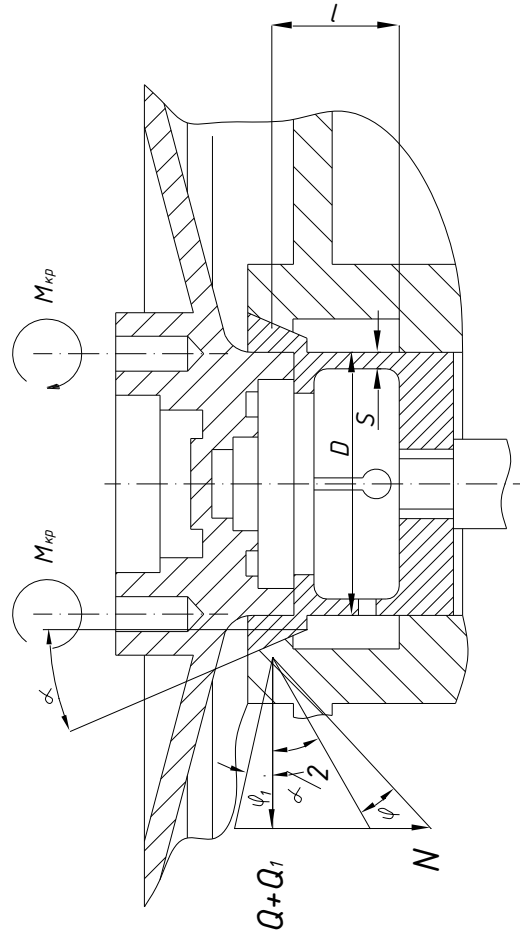


Рисунок 3.2. Схема для розрахунку сили затиску

Сила стиску помостків цанги для виборки зазору між заготовкою та губками цанги:

$$Q' = \frac{3EI\rho}{101^3} \cdot n = 2 \cdot 10^3 \frac{\Delta \cdot D^2 \cdot \rho}{l^3} = 2 \cdot 10^3 \frac{2 \cdot 120^2 \cdot 2}{40^3} = 1800H ;$$

де $E = 2,2 \cdot 10^5$ - модуль пружності матеріалу цанги;

$n = 4$ - число помосток цанги;

$\Delta = 2\text{мм}$ - зазор між цангою та деталлю;

$\rho = 2\text{мм}$ - товщина стінки помостка;

$l = 40\text{мм}$ - довжина помостка;

$D = 120\text{мм}$ - зовнішній діаметр поверхні помостка.

Приймаємо зусилля на штоці пневмоциліндра $N = 7180H$.

Діаметр поршня пневмоциліндра розрахунковий:

$$D_n^{розр} = 1,13 \sqrt{\frac{N}{p \cdot \eta}} = 1,13 \sqrt{\frac{7180}{0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,146\text{м} = 146\text{мм};$$

де $p = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ - тиск повітря в пневмокамері.

Вибираємо за ГОСТ 1307-95 пневмоциліндр для верстатних пристроїв з довжиною ходу $L = 25 \text{ мм}$. Діаметр: штока $d = 32 \text{ мм}$; циліндра $D = 160 \text{ мм}$. Зусилля на штоці при тиску не менше 0,4 МПа становить 7400Н, що перевищує необхідне в 1,03 рази.

3.1.4. Спеціальні види розрахунків

Розрахунок елементів пристрою на зношування.

Величина зношування кондукторної втулки:

$$U = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_0 \frac{N}{N_0};$$

де U_0 - середня величина зношування (приймаємо $U_0 = 0,05 \text{ мм}$);

K_1 - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки ($K_1 = 1,0$);

K_2 - коефіцієнт, що враховує спеціалізацію пристрою ($K_2 = 1,25$);

K_3 - коефіцієнт умов роботи ($K_3 = 1,12$);

K_4 - коефіцієнт річної програми випуску ($K_4 = 1,2$ для $N = 12000 \text{ шт}$);

N_0 - максимальна кількість циклів обробки ($N_0 = 100000$).

Необхідна кількість комплектів кондукторних втулок:

$$n_{\text{компл}}^{\text{розр}} = \frac{U}{T_n} = \frac{0,01008}{0,018} = 0,56;$$

де T_n - величина допуску отвору кондукторної втулки приймаємо для

$\text{Ø}10,7\text{F}7 \left(\begin{smallmatrix} +0,034 \\ +0,016 \end{smallmatrix} \right)$, $T_n = 0,018 \text{ мм}$.

Приймаємо $n_{\text{компл}} = 1 \text{ комплект}$ кондукторних втулок.

3.1.5. Опис конструкції та роботи пристрою

Свердлильний пристрій складається з корпусу 2, до якого прикріплений 4-ма болтами пневмоциліндр 1. В корпус встановлений стакан 3. Всередині стакану 3 знаходиться цанга 4 яка контактує з стаканом 3 по конічній поверхні,

та по циліндричній поверхні. Цанга болтом М20х7Н прикріплений до штоку пневмоциліндра 1.

На верхньому фланці корпусу 2 знаходяться: базуючий зрізаний палець 5; дві стійки опорні рухомих кондукторних плит.

При переміщенні багатошпindelної головки вниз кондукторні плити центруються на двох опорних стійках 7 і верхньому торці кришки 10. Планка 6 базовий елемент для встановлення деталі.

Пристрій працює наступним чином. Деталь встановлюється циліндричною частиною $\varnothing 115$ мм в цангу 4 і базується по зрізаному пальцю 5 в коловому напрямку. Під дією стисненого повітря шток пневмоциліндра 1 разом із цангою 4 переміщається вниз, затискаючи і центруючи деталь в радіальному напрямку, притискаючи до планки 6, яка служить своєрідною опорою деталі при свердлінні.

3.2. Контрольний пристрій

Контрольний пристрій застосовується для контролю радіального биття $T_{\Delta p} = 0,08 \text{ мм}$ поверхні 15, та торцьового биття $T_{\Delta T} = 0,08 \text{ мм}$ поверхні 13 та 1 відносно базових поверхонь Г та Д.

Встановлення деталі в пристрої здійснюється на похилій плиті та в призмі:

а) похибка встановлення:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 16^2} = 16 \text{ мкм};$$

де $\varepsilon_{\bar{o}} = 0$ - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0$ - похибка закріплення;

ε_{np} - похибка положення заготовки:

$$\varepsilon_{np} = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_{\bar{o}}^2 + \lambda_2 \varepsilon_{zn}^2} + \varepsilon_{вст} = 3 \sqrt{\left(\frac{1}{9} \cdot 16\right)^2 + \left(\frac{1}{9} \cdot 0\right)^2} + 0 = 16 \text{ мкм};$$

де $\varepsilon_{\bar{o}} = 16 \text{ мкм}$ - похибка встановлення пристрою;

$\varepsilon_{zn} = 0$ - похибка зношування;

$\varepsilon_{вст} = 0$ - похибка встановлення.

б) похибка оброблення заготовки $\Delta_y = 0$;

в) похибка налагодження Δ_n визначається:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + (K_{вим} \cdot \Delta_{вим})^2} = \sqrt{(1,14 \cdot 0)^2 + (1,0 \cdot 15)^2} = 15 \text{ мкм.}$$

Сумарна похибка:

$$\Delta_\Sigma = \frac{1}{0,683} \sqrt{(1,0 \cdot 16)^2 + (1,0 \cdot 0)^2 + (1,0 \cdot 15)^2 + (1,73 \cdot 0)^2 + (1,73 \cdot 0)^2 + (1,73 \cdot 0)^2} = 21,9 \text{ мкм};$$

Приймаємо $\Delta_\Sigma = 22 \text{ мкм}$

Умова $\Delta_\Sigma \leq T_{\Delta p}$, $\Delta_\Sigma \leq T_{\Delta T}$ виконується.

Контрольний пристрій призначений для контролю радіального та торцьового биття поверхонь деталі – Ø350Н7, пов. 13, 1.

Вимірювання биття здійснюється шляхом обертання деталі навколо своєї осі вручну. Деталь при цьому щільно притискається до двох опор 16, які утворюють внутрішню призму, плунжером 18.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Обґрунтуємо вибір геометричних параметрів ріжучої частини і конструктивних елементів.

Передній кут: $\gamma = 20^\circ$

Задній кут: $\beta = 15^\circ$

Кут загострення: $\nu = 90^\circ - \gamma - \beta = 90^\circ - 20^\circ - 15^\circ = 55^\circ$

Довжина задньої поверхні: $f = 0,2 \text{ мм}$

Виліт різця складає 30 мм.

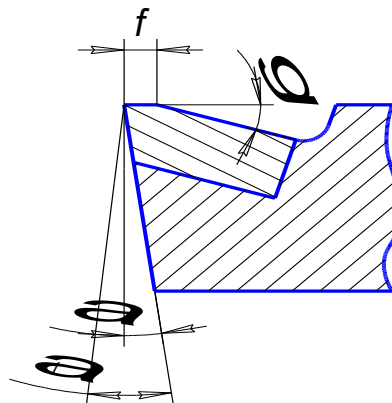


Рисунок 3.3. Геометричні параметри різця

Призначаємо матеріал ріжучої частини різця із твердого сплаву ВК6 по ГОСТ 19265-93.

Технічні вимоги до різців із ріжучою частиною з твердого сплаву приймаємо по ГОСТ 12509-95.

Визначаємо розміри державки різця:

1. В якості матеріалу для корпусу різця вибираємо вуглецеву Сталь 50 з $\sigma_{\text{в}}=420$ МПа і допустимим напруженням на згинання $\sigma_{\text{д.д.}}=250$ МПа. Глибина різання $t = 0,35$ мм, подача $S_0=0,4$ мм/об., виліт різця $l=30$ мм.

2. Головна складова сили різання:

$$P_z=843,8\text{Н}$$

3. Діаметр круглого перерізу корпусу різця:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{\text{д.д.}}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 843,8 \cdot 0,03}{25 \cdot 10^6}} = 0,022\text{м} = 22 \cdot 10^{-3}\text{м} = 22\text{мм}$$

Приймаємо найближчий найбільший переріз корпусу ($d=25$ мм).

4. Перевіряємо міцність і жорсткість корпусу різця:

Максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{\text{зодд.}} = \frac{d^2 \cdot \sigma_{\text{д.д.}}}{10 \cdot l} = \frac{(25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 250 \cdot 10^6}{10 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 20833,3\text{Н}$$

Максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{\text{зжор.}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 19,5 \cdot 10^{-8}}{(30 \cdot 10^{-3})^3} = 0,02167 \cdot 10^6 = 21666\text{Н}$$

де $f=0,05 \cdot 10^{-3}$ м ($\approx 0,1$ мм) – допустима стріла прогину різця при чорновому точінні;

$E=2 \cdot 10^5$ МПа $=2 \cdot 10^{11}$ Па – модуль пружності матеріалу корпусу різця;

J – момент інерції прямокутного перерізу корпусу;

$$J = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot 0,025^4 = 19,5 \cdot 10^{-8}\text{м}$$

Різець має достатню міцність та жорсткість, так як $P_{\text{з доп.}} > P_z < P_{\text{з жорс.}}$

$$20833,3\text{Н} > 843,8\text{Н} < 21666\text{Н}$$

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва, організаційної форми

Основними даними для розрахунку є працемісткість і річна програма виготовлення. «Необхідна кількість основного обладнання визначається за формулою:

$$C_p = \frac{T_{ум} \cdot N}{60 \cdot \Phi_0};$$

де C_p - розрахункова кількість верстатів необхідна для виконання річної програми на дійсній операції.

$T_{ум}$ - працемісткість виконання даної операції, хв.;

Φ_0 - дійсний річний фонд часу роботи обладнання (прийmemo 4029 год при двозмінному режимі роботи).

Для аналізу ступеня використання виробничого обладнання розраховуємо коефіцієнт його завантаження $\eta_{з.факт.}$:

$$\eta_{з.факт.} = \frac{C_p}{C_{пр}};$$

де $C_{пр}$ - прийнята кількість верстатів.

Для уточнення типу виробництва використовуємо коефіцієнт закріплення операції $K_{з.о.}$ »[1].

Всі розрахунки зводимо у таблицю 4.1.

Згідно з табл. 4.1.:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{C_n} = \frac{35}{5} = 7;$$

Оскільки $K_{з.о.}$ знаходиться в межах $1 \leq K_{з.о.} \leq 10$, то маємо великосерійний тип виробництва.

Таблиця 4.1. - Вихідні дані для розрахунку кількості верстатів необхідних для механічного оброблення деталі

№ операції	Назва операції	Модель верстата	Річна програма	Норма часу $T_{шт.к.}$, хв	Річна верстатомісткість, год	Кількість верстатів		Коеф. завантаження	Кількість операцій
						$C_{розр}$	$C_{пр}$		
005	Токарно-напівавтоматна	1751Ф3	12000	4,684	936,8	0,231	1	0,231	3,3
010	Токарна	16К25		1,633	326,6	0,081	1	0,081	9,3
015	Вертикально-свердлильна	2Г175Б		2,366	473,2	0,117			
020	Вертикально-свердлильна	2Г175Б		0,819	163,8	0,041	1	0,199	6,8
025	Вертикально-свердлильна	2Г175Б		0,839	167,6	0,041			
030	Вертикально-свердлильна	2Н135Б		1,31	262,0	0,065	1	0,065	11,6
035	Токарна	16К25П		4,655	931,0	0,229	1	0,229	3,3
	Всього	-	12000	16,305	3261,0	-	5	0,161	35

Для уточнення організаційної форми виробництва користуємося коефіцієнтом потоковості R . Такт випуску рівний $\tau = 20,275 \text{ хв}$. Середній штучний час на операції:

$$T_{шт.к.сер} = \frac{4,684 + 1,633 + 2,366 + 0,819 + 0,383 + 1,31 + 4,655}{7} = 2,329 \text{ хв};$$

$$R = \frac{T_{шт.к.сер}}{\tau} = \frac{2,329}{20,275} = 0,115.$$

Так як $R \ll 0,6$, то маємо групову форму організації виробництва.

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

1) «Розрахунок кількості основних виробничих робітників. Їх кількість визначається виходячи з кількості основного виробничого устаткування:

- для дільниці

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.к.i} \cdot N}{F\delta \cdot m \cdot S_{пр}} - \text{величина завантаження верстатів};$$

де, $m = 2$ - кількість змін;

$S_{пр} = 6$ - прийнята кількість верстатів»[1].

$$\eta = \frac{16,3 \cdot 12000}{60 \cdot 4015 \cdot 5} = 0,29.$$

«Кількість основних виробничих робітників:

$$R_{\text{вер.}} = \frac{F\partial \cdot m \cdot Snp \cdot \eta}{F\partial.p. \cdot Sp};$$

де, $Sp = 1$ - кількість верстатів на яких одночасно може працювати один робітник – верстатник; $F\partial.p. = Fp \cdot kp$ - дійсний річний фонд часу робітника; $Fp = 2070 \text{ год}$ - номінальний річний фонд часу робітника; $kp = 0,87$ - коефіцієнт, який враховує час на відпуск і невихід робітника на роботу; (при відпуску 24 робочих дня)»[1].

$$F\partial.p. = 2070 \cdot 0,87 = 1800(\text{год});$$

$$R_{\text{вер.}} = \frac{4015 \cdot 5 \cdot 0,39}{1800 \cdot 1} = 8,5 \approx 9(\text{робітників}).$$

2) Розрахунок кількості виробничих робочих – слюсарів на ділянці береться у % від кількості основних робітників верстатників.

$$R_{\text{сл.}} = R_{\text{вер.}} \cdot 3\% = 9 \cdot 0,03 = 0,27 \approx 1(\text{роб.} - \text{слюсар}).$$

3) Кількість допоміжних робітників (у відсотках від кількості основних робітників)

$$R_{\partial} = R_{\text{вер.}} \cdot 25\% = 9 \cdot 0,25 = 2(\text{роб.}).$$

(з них 2 контролери).

б) Загальна кількість працюючих на ділянці:

$$R = R_{\text{вер.}} + R_{\text{сл.}} + R_{\partial} = 9 + 1 + 2 = 12(\text{працівники});$$

I зміна – 7 чол., II зміна – 5 чол.

4.3. Розрахунок виробничої площі ділянки

Виробнича площа:

- ділянки, визначається за питомою площею на один верстат;

для малих верстатів – 10-15 м²;

для середніх – 15-30 м²;

для великих – 30-45 м²;

для особливо великих – 50-150 м²;

Приймаємо: верстати мод.: Р6М83, 6М614 - 30 м²; 2Н150, 2Н125, 2256 - 10 м²; 3П722 - 45 м².

Виробнича площа ділянки:

$$S_{\partial} = 1 \cdot 10 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot 45 = 160(\text{м}^2);$$

Площа допоміжних ділянок, складів:

1) Контрольне відділення

Площа визначається з розрахунку 5-6 м² на одного контролера з врахуванням коефіцієнта інтервал 1,5÷1,75; кількість контролерів – 2.

$$S_{\kappa} = 4 \cdot 2 \cdot 1,75 = 14(\text{м}^2)$$

Загальна площа

$$\text{- ділянки: } S_{\text{заг.д.}} = S_{\partial} + S_{\kappa} = 160 + 14 = 174(\text{м}^2);$$

4.4. Розробка технічного планування ділянки

На ділянці механічної обробки деталі розташування основного технологічного обладнання здійснюємо в одну лінію по порядку встановленому технологічним процесом механічної обробки деталі.

Виходячи з такого розташування обладнання, мінімальні віддалі між верстатами становлять:

- для малих верстатів: 700мм
- для середніх: 900мм
- для великих: 1200мм

Від верстата до інших елементів ділянки (стружкового транспортера, до колії каретки оператора) для всіх типів верстатів: не менше 800мм

Від верстата до елементів конструкції будівлі (стін, перегородок, колон):

- для малих верстатів: 700мм
- для середніх: 800мм
- для великих: 900мм

Окрім верстатів на ділянці використовується таке оснащення:

1) Стелаж для пристроїв з висувною платформою: СД3725-01А.

Вантажопідйомністю, кг:

Верхньої полиці	100
Нижньої (висувної)	200

Габарити, мм 900x800x800

Вага, кг 75

2) Стіл – підставка для пристроїв 3702-50

Вантажопідйомністю, кг: 2000

Габарити, мм 1250x750x300

3) Стіл приймальний з ящиками під інструмент: СД3702-11А

Вантажопідйомністю, кг: 300

Габарити, мм 850x630x820

Вага, кг 111

4) Решітка під ноги робітнику С3794-01 (дерев'яна)

Габарити, мм 1600x800x90

На дільниці механообробки, згідно технологічного процесу оброблення і коефіцієнт закріплення операцій встановлено 5 верстатів.

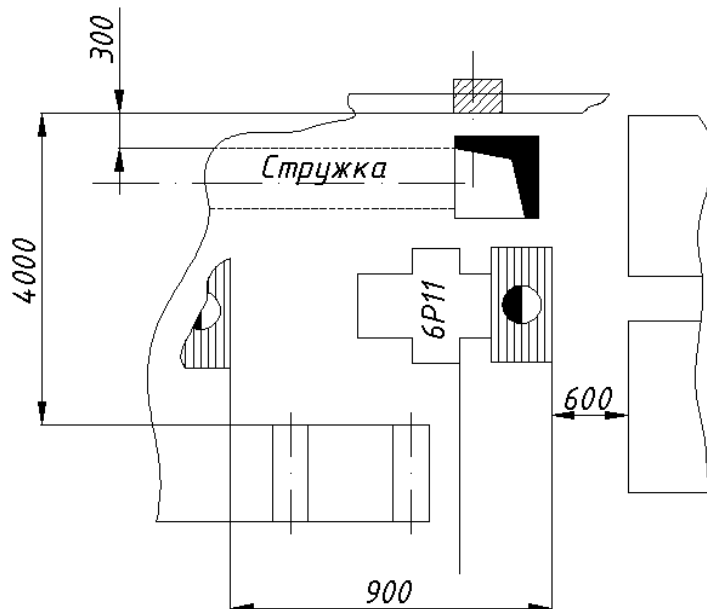


Рисунок 4.1- Схема технологічного плану дільниці цеху.

4.5. Основні техніко-економічні показники дільниці

Основні техніко-економічні показники дільниці занесемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники дільниці

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По дільниці
1	Найменування виробу		корпус
2	Річна програма випуску	шт.	12000
3	Кількість верстатів	шт	5
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників: - основних - допоміжних всього	чол.	9 3 12
6	Виробничі площі: - основного виробництва - допоміжного виробництва всього	М ²	160 14 174
7	Питома площа на одного основного робітника	М ²	18

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Характеристика ділянки механічної обробки деталі з точки зору техніки безпеки

Планування ділянки і цеху повинна бути така, щоб забезпечувала найбільш сприятливі умови виробництва і разом з тим, щодо безпеки, санітарії, та пожежні вимоги. Спроектований цех має форму прямокутника 54x72м, одноповерхова будівля.

Технологічне обладнання на ділянці розташоване у відповідності за ходом технологічного процесу. Деталь затискується за допомогою спеціальних пневмопристроїв. Всі робочі місця забезпечено необхідним оснащенням і стелажми. Для безпечного переміщення вантажів і руху людей в цеху наявні окремі входи і виходи, в'їзди і виїзди для людей і транспорту. Всі двері і ворота відкриваються назовні.

На випадок в цеху пожежі, обладнано додатковий евакуаційний вихід.

В зовнішніх виходах (виїздах) встановлено повітряну теплову завісу з двома дверима, котрі стоять одні від других на відстані, не меншої ніж на ширину дверного полотна + 0,2. Для забезпечення безперешкодного заїзду автомашин з вантажем ворота цеху мають розміри 3x3,5м.

Основним принципом розташування обладнання на ділянці є забезпечення найкоротшого шляху руху заготовки з врахуванням правильного розташування проходів і проїздів.

Відстань між верстатами по фронту рівна $A=1200\text{мм}$. Ширину проїздів B приймаємо $B=3400\text{мм}$; проходів $V=1400\text{мм}$. Ширину стелажного обладнання приймаємо рівною $0,47\text{м}$. Відстань між тильними сторонами верстату $\Gamma=900\text{мм}$. Відстань від бокової сторони верстату до колон складає $D=1300\text{мм}$.

5.2 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці цеху

Площа виробничого приміщення становить не менше 15м^2 на одного робітника. Згідно нормативу СН245-91 висота від до низу несучих конструкцій перекриття повинна бути не менша 3м. Значні відхилення вологості повітря, запиленості, вмісту сильнозабруднюючих речовин, котрі викликають забруднення рук, одягу повинна бути відсутні. Для зберігання чистого і спеціального одягу в допоміжних приміщеннях є шафи.

У відповідності з ГОСТ12.1.005-98 ССБТ, роботи в даному механічному цеху відносяться до категорії робіт середньої важкості Па – це роботи, які пов'язані з постійною ходьбою, що вимагають певного фізичного напруження.

5.3. Розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті моделі

Розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті моделі 2Н135 проведемо точковим методом.

В основу точкового методу покладено рівняння:

$$E = I_{\alpha} \cos \alpha / r^2 ;$$

де I_{α} - сила світла в напрямку від джерела світла в дану точку робочої поверхні, $I_{\alpha} = 250\kappa\delta$, згідно рис. 28, праці [16];

r - відстань від світильника до розрахункової точки;

α - кут між нормаллю робочої поверхні і напрямком світлового потоку від джерела світла, $\alpha = 30^{\circ}$.

Для практичного використання вводимо в формулу коефіцієнт запасу K і замінюємо r на $H_p / \cos \alpha$;

$$E = I_{\alpha} \cos^3 \alpha / (K \cdot H_p)^2 ;$$

де $K = 1,3$, згідно таблиці 3, праці [16];

$H_p = 800\text{мм}$ - висота від світильника до розрахункової точки.

$$E = 250 \cdot \cos^3 30 / (1,3 \cdot 0,8)^2 = 150\text{лк} .$$

5.4. Пожежна профілактика

Проектування і експлуатація всіх промислових підприємств регламентується СНиП 2.09.02-95. В даному виробництві не використовуються і не виготовляються вогненебезпечні речовини, та не мають місце високі температури. Тому, згідно нормативів приміщення даного цеху відносяться до категорії Д-пожежобезпечні. Пожежна характеристика виробничої будівлі наведена в таблиці 5.1

Таблиця 5.1. - Пожежна характеристика виробничої будівлі

Категорія виробництва			Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ²		
Категорія	Кількість поверхів	Степінь вогнестійкості будівель	Одноповерхові	Багатоповерхові	
				2-во поверхові	3-и поверхові
Д	I	II	2000	-	-

Дані, щодо вогнестійкості приміщень цеху зведені в таблицю 5.2

Дерев'яні конструкції в цеху відсутні, стани – бетонні, віконні рами металеві. Стальні конструкції пофарбовані вогнетривкою фарбою.

Таблиця 5.2- Характеристика вогнестійкості будівлі

Степінь вогнестійкості	Мінімальні граничні вогнестійкості будівельних конструкцій (чисельник) і максимальні граничні розповсюдження вогню (знаменник)									
	Стіни					Сходи	Плити	Колони	Елементи покриття	
	Несучі і коридорні	Самонесучі	Зовнішньо-несучі	Внутрішньо-несучі	Плити				Балки	
II	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	1/0	0,15/0	2/0	м.м./ м.м.	м.м./ м.м.	

На випадок пожежі для евакуації людей необхідно передбачити шляхи евакуації, які ведуть до евакуаційних виходів. Максимальна відстань до евакуаційного виходу з приміщення для будівель категорії виробництва "Д" і категорії приміщення II не обмежується.

В якості евакуаційних виходів служать двоє воріт для в'їзду і виїзду транспорту. Ширина дверей для входу і виходу не повинна бути меншою 0,2м – однієї половини.

Згідно СНиП-II-31-94 розхід води для зовнішнього пожежогасіння наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.- Розхід води для зовнішнього пожежогасіння

Степінь вогнестійкості	Категорія виробництва	Витрати води для гасіння пожежі, м/с			
		до 3,0	3 ÷ 5	5 ÷ 20	20 ÷ 50
II	"Д"	15	15	20	-

За вимогами пожежної безпеки на території цеху встановлюється два пожежогасіння.

- ящик з піском – 3 шт;
- вогнегасник порошковий – 3 шт;
- лом – 2 шт;
- пожежний багор – 3 шт;
- сокира – 2 шт;
- лопата – 2 шт;

Цех оснащується вогнегасником з розрахунку 1 штука на 600м², розміщеними рівномірно на території цеху. На дільниці механічної обробки необхідно встановити вогнегасники ОУ-2 і ОХП-10.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 32.170.06.10. Встановлено тип та організаційну форму виробництва. Відпрацьовано деталь на технологічність. Вибрано спосіб отримання заготовки, економічно обґрунтовано. Вибрано метод обробки поверхонь. Проведено розрахункове обґрунтування баз. Визначено допуски, припуски і операційні розміри. Проведено розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення. Проведено нормування технологічного процесу.

Спроектовано пристрій свердлильний для отримання отворів M12x1,25-7H. Вибрано і обґрунтовано принципу дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано контрольний пристрій, який застосовується для контролю радіального биття $T_{\Delta p} = 0,08\text{мм}$ поверхні 15, та торцьового биття $T_{\Delta T} = 0,08\text{мм}$ поверхні 13 та 1 відносно базових поверхонь Г та Д.

Спроектовано механічну дільницю для обробки корпусу 32.170.06.10. Розраховано виробничої площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

В розділі охорона праці розглянуто санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці цеху. Проведено розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті моделі. Розглянуто пожежну характеристику виробничої будівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 - Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): Навчальний посібник / В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, – 2017. – 487 с.
2. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.
3. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagaňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35
4. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
5. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
6. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
7. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
8. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.

9. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.

10. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.