

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпуса»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи М-110сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Жос О.М
(прізвище та ініціали)

Керівник Тришин П.Р.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов М.В.
(прізвище та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний

Кафедра Технологія машинобудування

Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. Дядя

« _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Жос Олександра Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу

керівник проекту (роботи) Тришин П.Р., канд. техн. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 03.04.2023 року №83

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення деталі;
річна програма випуску N=3000 дет.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Розробка планування ділянки; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 5 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ; креслення робочого пристосування; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3,5	Тришин П.Р.		
4	Пухальська Г.В.		
Нормоконтроль	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2023	
2	Конструкторська частина	22.05.2023	
3	Розробка планування ділянки	29.05.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	29.05.2023	
5	Охорона праці	07.06.2023	
6	Захист курсового проекту.	12.06.2023	

Студент(ка)

_____ Жос О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Тришин П.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 99 с., 21 рис., 22 табл., 2 додатки, 12 джерел.

ІНСТРУМЕНТ, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, НОРМИ ЧАСУ, РОЗМІР, ПРИПУСК, ПРИСТРІЙ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, АНАЛІЗ, ЯКІСТЬ.

Метою дипломної роботи являється вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу.

Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу відбувається за рахунок внесення в базовий технологічний процес організаційно-технічних заходів, а саме:

- замінення способу отримання заготовки;
- проектування робочого пневматичного пристосування;
- проектвання універсально-налагоджувального пристрою для перевірки виконання технічних вимог;
- заміна верстатного обладнання на більше ефективне.

Дипломний проект містить технологічну, конструкторську, організаційну частини. В кожній частині роботи є необхідні пояснення розрахунки.

В ході роботи спроектовані робоче та контрольне пристосування, розроблена РТК, визначено кількість обладнання та кількість працюючих на дільниці обробки деталі, визначено коефіцієнт завантаження по операціям технологічного процесу та економічна ефективність від прийнятих організаційно-технічних рішень.

Дипломна робота рекомендована, як методичні вказівки до впровадження у виробництво вказаних заходів.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	6
Вступ	7
1 Технологічна частина	8
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	8
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки	
з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проєктування технологічного маршруту	
виготовлення деталі	15
1.4.1 Вибір технологічних баз	15
1.4.2 Проєктування маршруту обробки поверхонь	17
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	23
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	24
1.6 Розрахунок режимів різання	34
1.7 Технічне нормування операцій	46
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	49
2 Конструкторська частина	55
2.1 Проєктування робочого пристосування	55
2.2 Проєктування контрольного пристосування	59
2.3 Розрахунок на міцність деталі	60
3 Розробка планування ділянки	64
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	
або заходів	67
5 Охорона праці	78
Висновки	81
Перелік джерел посилання	83
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	85
Додаток Б. Технологічні карти	87

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГКМ	– Горизонтально-кувальна машина;
МВД	– Маршрут виготовлення деталі;
МОП	– Маршрут обробки поверхонь;
ППТЯ	– Послідовність показників точності та якості;
РТК	– Розрахунково-технологічна карта;
СО	– Складальна одиниця;
ТО	– Термічна обробка;
ЧПК	– Числове програмне керування.

ВСТУП

Метою проектування є впровадження більш досконалого устаткування, методів техніко-економічного аналізу, пошук шляхів підвищення продуктивності праці та якості виготовленої продукції.

Технологія машинобудування – це наука, що вивчає і встановлює закономірності протікання процесів обробки і параметри, вплив яких найбільше ефективно позначаються на інтенсифікації процесів і підвищення їхньої точності. Вивчає напрямки і засоби обробки матеріалів необхідних для виготовлення машин (виробів), із використанням прогресивних методів і засобів виробництва.

Технологія авіаційного двигунобудування розглядає ті ж питання з врахуванням особливості конструкції виробів (складні двигуни), умов їх експлуатації (швидкість, тиск) і вимог щодо надійності виробів. Основними напрямками є розробка економічних технологій (з малими витратами часу і матеріалів на виробництво, розробка безперервних автоматизованих технологій із малою участю робітників). Розробка екологічно чистих технологій без відходів.

Все це допомагає підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, зменшує витрату матеріалу, витрати на інструмент, збільшує кількість і підвищує якість продукції, змінює собівартість, збільшує рівень виробництва та продуктивності процесу.

Для отримання високих техніко-економічних показників в даному дипломному проекті виконується об'єднання декількох заводських операцій в одну за рахунок використання високопродуктивних засобів виробництва.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Деталь корпус (рис.1.1) виготовляється зі сталі 14X17H2.

Маса деталі – 0,16 кг, габаритні розміри деталі $\varnothing 70 \times 62$ мм.

Деталь корпус забезпечує круговий контакт поверхні ізолятора. Різьбові отвори М6 призначені для стопору втулки у блоці після проведення регулювальних робіт.

Зміст технологічних умов до деталі корпус: биття $\varnothing 30 f7 0,05$ відносно бази В, забезпечується – точінням, та перевіряється на контрольній плиті, за допомогою індикатору годинникового типу.

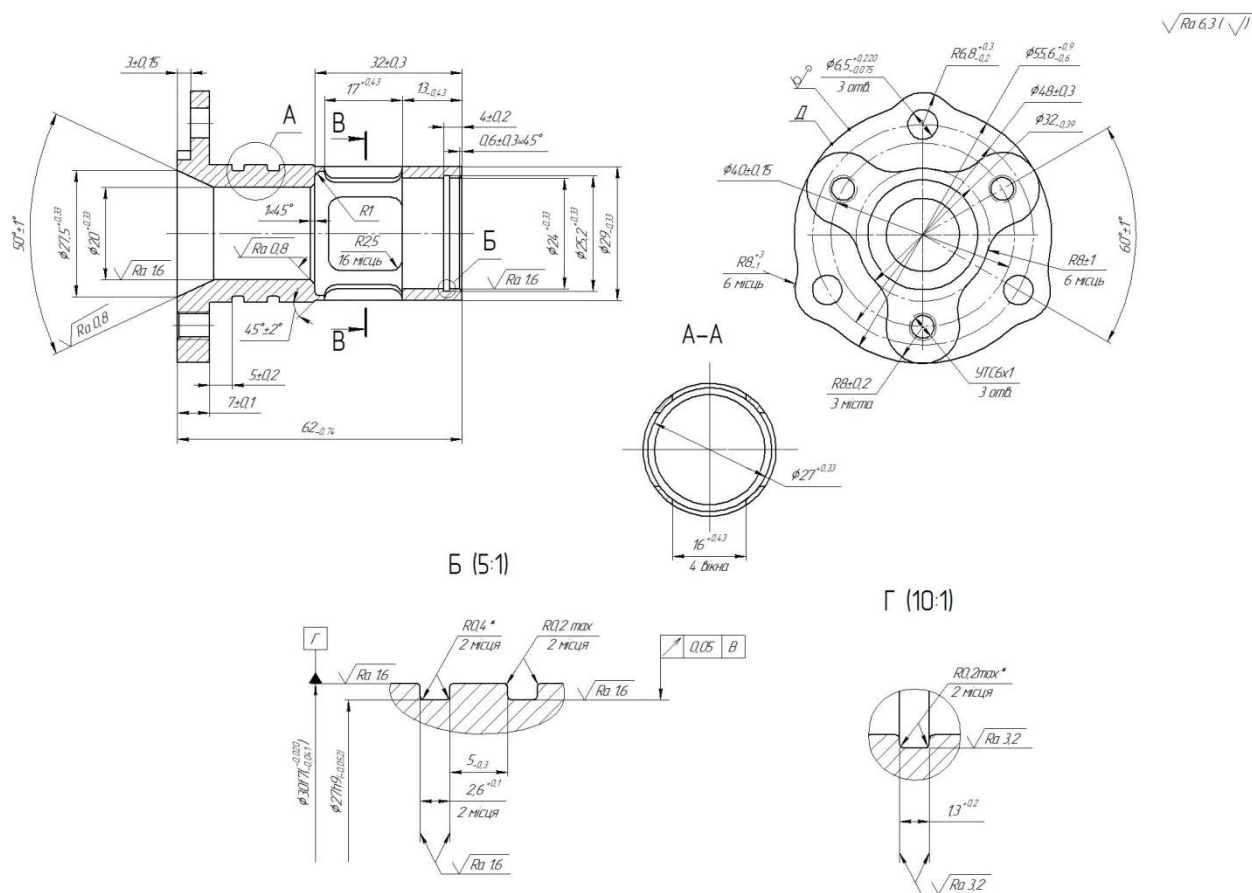


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі корпус

Деталь корпус виготовляється із нержавіючої сталі марки 14X17H2 виконаної по ГОСТ 1133-71. Клас сталі – корозійна-стійка жароміцна.

Використання в промисловості: робочі лопатки, диски, вали, втулки, фланци, кріпінні деталі, деталі компресорних машин, працюючих на нітрозному газі, деталі працюючі в агресивних середовищах при низьких температурах. Сталь 14X17H2 відноситься до мартенситно-феритного класу.

Хімічний склад сталі наведений у таблиці 1.1.

Механічні властивості сталі наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад у % сталі 14X17H2 ГОСТ 1133-71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu	Fe
0,11-0,17	до 0,8	до 0,8	1,5-2,5	до 0,025	до 0,03	16-18	до 0,2	до 0,3	~78

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 14X17H2 ГОСТ 1133-71

$G_{0,2}$, МПа	G_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	КСУ, кДж/м ²
930-950	1260-1280	16	59-61	78-95

Технологічні характеристики сталі:

Питома вага – 7800 кг/м³.

Термообробка: закалювання 980 – 1020°C, масло, відпуск 680-700°C, повітря.

Температура кування: початку 1250°C, кінця 900°C. Переріз до 350 мм охолоджується на повітрі.

Твердість матеріалу: HB 10⁻¹ = 228...293 МПа.

Зварність матеріалу: трудно зварна.

Схильність до відпускнуї хрупкості: схильна.

1.2 Вибір виду виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається по признакам широти номенклатури, регулярності, стабільності, об'єму випуску виробів та їх маси.

Об'єм партії заготовок, які запускаються у виробництво, визначається по формулі:

$$n = \frac{a \cdot N}{A} \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску деталі у виробництво, дні;

A – кількість робочих днів у році;

N – річна програма випуску, шт.

$$n = \frac{5 \cdot 3000}{253} = 59 \text{ шт.}$$

Форма організації на дільниці виробництва визначається залежно від способу розміщення робочих місць та характеру переміщення заготовок, які обробляються, з урахуванням тривалості кожної операції або такту випуску.

Оскільки виробництво деталей відноситься до крупносерійного типу виробництва, ми використовуємо змінно-поточну форму організації, при якій деталі надходять на дільницю партіями, але їх обробка здійснюється послідовно.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для вибору способу отримання заготовки виконуємо економічне обґрунтування одного з двох способів отримання заготовки, а саме штампування на молотах та штампування на ГKM.

Вихідні дані:

Ескіз деталі зображений на рис.1.1.

Матеріал деталі – нержавіюча сталь 14X17H2 виконаної по ГОСТ 1133-71;

Річна програма випуску – $N = 3000$ шт;

Густина матеріалу – $\rho = 7,8$ г/см³.

1. Призначення припусків на сторону [1]:

$$Z_1 = 2,2 \text{ мм};$$

$$Z_2 = 2,3 \text{ мм}.$$

2. Вага заготовки визначається за допомогою тривимірних моделей заготовок, отримані дані зведені до таблиці 1.3.

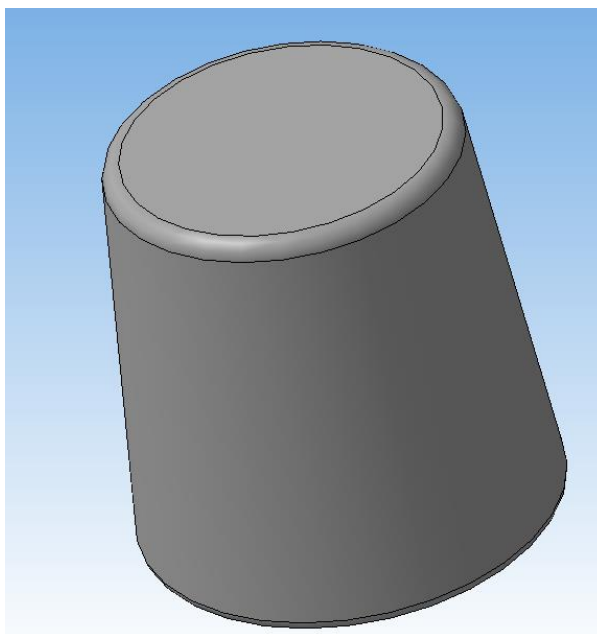


Рисунок 1.2 – Заготовка штамповка на молоті

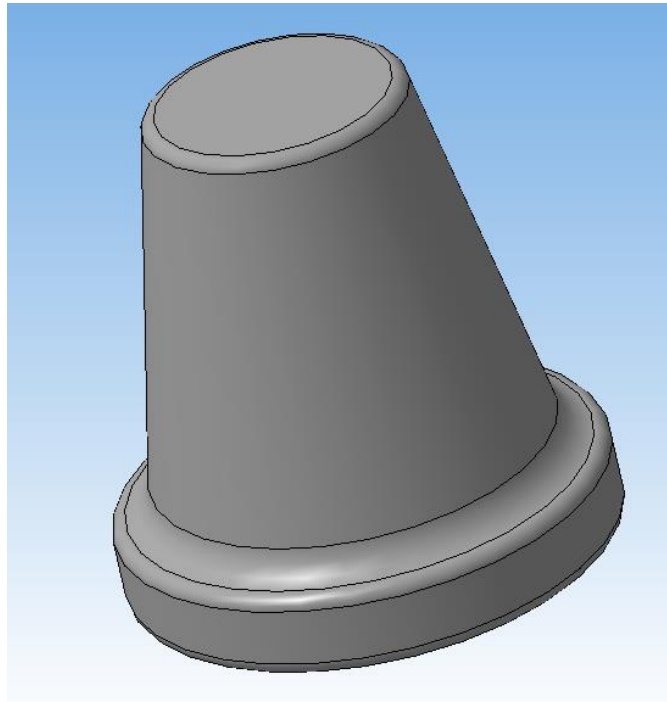


Рисунок 1.3 – Заготовка штамповка на ГKM

3. Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

Рахуємо η_1 для першого варіанту (Молоти) за формулою (1.2):

$$\eta_1 = \frac{0,16}{0,988} = 0,161$$

Рахуємо η_2 для другого варіанту (ГKM) за формулою (1.2):

$$\eta_2 = \frac{0,16}{0,864} = 0,185$$

$$\eta_1 > \eta_2$$

4. Вартість однієї заготовки розраховується по формулі:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_n - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{від}}}{1000} \quad (1.3)$$

де B_B – базова вартість виготовлення однієї заготовки [4, т.1.4, с.13];

$B_{\text{від}}$ – вартість 1т. стружки [4, т.1.5, с.13];

K_T – коефіцієнт, клас точності заготовки [4, т.1.24, с.17];

K_M – коефіцієнт, матеріалу заготовки, [4, т.1.25, с.18];

K_B – коефіцієнт, ваги заготовки, [4, т.1.27, с.18];

K_C – коефіцієнт, групи складності [4, т.1.26, с.18];

K_{Π} – коефіцієнт, програми випуску [4, т.1.28, с.18];

$B_{\text{від}}$ – вартість 1т. стружки, грн. [4, т.1.5, с.13].

Розраховуємо B_1 для першого варіанту (Молот) за формулою (1.3):

$$B_1 = \frac{6500}{1000} \cdot 0,988 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 - (0,988 - 0,16) \cdot \frac{240}{1000} = 3,84 \text{ грн}$$

Розраховуємо B_2 для другого варіанту (ГКМ) за формулою (1.3):

$$B_2 = \frac{6150}{1000} \cdot 0,864 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 - (0,864 - 0,16) \cdot \frac{240}{1000} = 3,17 \text{ грн}$$

$$B_1 > B_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти	
			Молот	ГКМ
Припуск на сторону	Z	мм	2,2	2,3
Вага заготовки	Q	кг	0,988	0,864
Базова вартість 1т. заготовки	B_B	грн	6500	6150
Коефіцієнти	K_T	—	1,05	1,05
	K_M	—	1,0	1,0
	K_B	—	0,8	0,8
	K_3	—	0,75	0,75
	K_n	—	1	1
Вартість 1т. стружки	B_{OTX}	грн	240	240
Вартість 1 заготовки	B	грн	3,84	3,17
Коефіцієнт використання заготовки	η	—	0,161	0,185

Визначимо річні витрати на виготовлення заготовок за формулою:

$$E_B = (B_1 - B_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (3,84 - 3,17) \cdot 3000 = 2010 \text{ грн}$$

6. Визначення річних витрат на матеріал за формулою:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M = \frac{0,16 \cdot (0,185 - 0,161)}{0,185 \cdot 0,161} \cdot 3000 = 386,77 \text{ грн}$$

Виходячи з вищевикладеного, обираємо спосіб отримання заготовки на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ).

Абсолютне річне заощадження від упровадження цього способу:

$$E_B = 2010 - 386,77 = 1623,23 \text{ грн}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, по відношенню до яких орієнтуються інші деталі виробу або поверхні деталі, які обробляються або складаються на даній операції.

Конструкторські бази – це основні та допоміжні бази, які мають суттєве значення при конструюванні.

Технологічною базою називають поверхню, яка визначає положення деталі при обробці.

Вимірювальною базою називають поверхню, яка визначає відносне положення деталі та засобів вимірювання.

При виборі технологічних баз для обробки заготовок необхідно застосовувати принцип суміщення баз, тобто за технологічну базу необхідно вибирати поверхню, що є вимірювальною базою. Найкращі результати досягаються при суміщенні технологічної, конструкторської та вимірювальної бази, тобто поверхонь, які визначають положення деталі в виробі.

Для чорнової токарної операції використовуємо базування у 3-х кулачковому патроні по зовнішньому діаметрі 5 та упор у торець 10.

Для чистових токарних операцій використовуємо базування у 3-х кулачковому патроні по обробленим поверхням діаметру 3 та торцю 11.

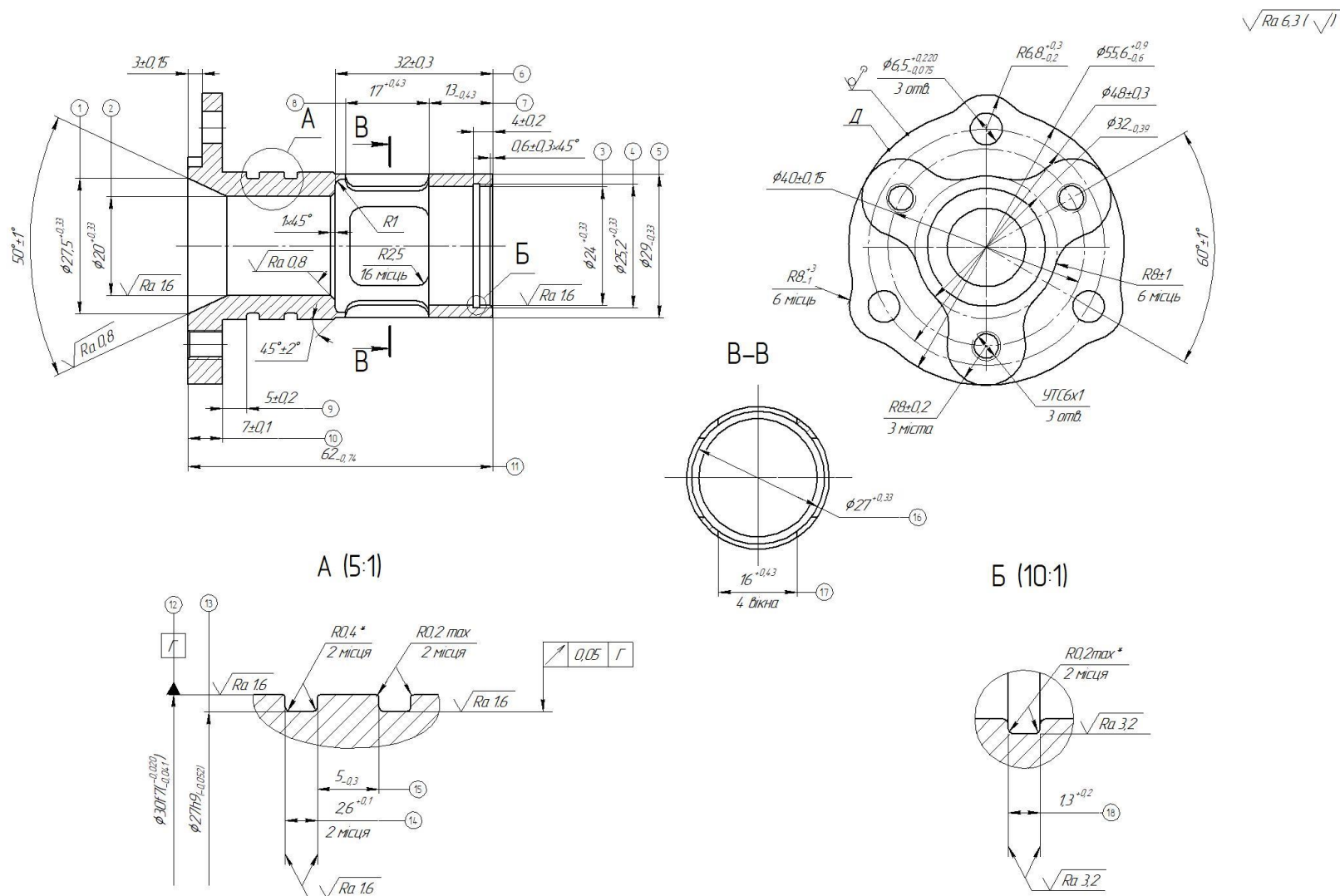


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Для фрезерно-свердлильної операції базування відбувається у спеціальному пристосуванні по обробленим поверхням по зовнішньому діаметрі 3, упором в торець 10, та затиском у торець 11.

Для круглошліфувальної операції базування відбувається в центрах по попередньо обробленому торцю 11.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь наведений у заводському варіанті виготовлення деталі корпус.

З метою перевірки правильності його виконання виконуємо розрахунки показників точності та якості поверхонь.

Визначаємо МОП поверхні 5, $\varnothing 30(f7_{-0.041}^{0.02})$ – зовнішня циліндрична поверхонь.

По робочому кресленню деталі технічні вимоги на поверхню, що обробляється складають:

$$T_{dd} = 21 \text{ мкм};$$

$$T_{Rad} = 1,6 \text{ мкм}$$

Допуски на поверхні вихідної заготовки складають: $T_{dz} = 2500 \text{ мкм}$ (17 квалітет), $T_{Raz} = 50 \text{ мкм}$ [4, т.2.5, с.32],

Розраховуємо потрібні уточнення:

$$\varepsilon_d = 2500/21 = 119,1 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra} = 50/1,6 = 31,25 \text{ мкм},$$

Кількість переходів розраховуються по формулі:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.6)$$

$$k = 2 \cdot \lg 119,1 = 4$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо її між переходами за законом прогресивного зменшення:

$$\begin{aligned} IT17 &\rightarrow h14 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow h7 \\ 17 - 7 &= 10 \rightarrow 3 + 2 + 2 + 2 \\ Ra12,5 &\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra1,6 \end{aligned}$$

МОП: заготовка, точіння, шліфування.

Перший перехід – точіння чорнове, що забезпечує:

$$\begin{aligned} T_{d1} &= 520 \text{ мкм (14 квалітет);} \\ T_{Ra1} &= 6,3 \text{ мкм,} \end{aligned}$$

Розраховуємо потрібні уточнення:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{d1} &= 2500/520 = 4,807 \text{ мкм;} \\ \varepsilon_{Ra1} &= 12,5/6,3 = 1,98 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Другий перехід – точіння чистове, що забезпечує:

$$\begin{aligned} T_{d2} &= 210 \text{ мкм (12 квалітет);} \\ T_{Ra2} &= 3,2 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Розраховуємо потрібні уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = 520/210 = 2,48 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra2} = 6,3/3,2 = 1,97 \text{ мкм};$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_d = 4,807 \cdot 2,48 = 11,9 \text{ мкм}$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 1,98 \cdot 1,97 = 3,9 \text{ мкм}$$

Третій перехід – шліфування попереднє, що забезпечує:

$$T_{d3} = 51 \text{ мкм (9 квалітет)};$$

$$T_{Ra3} = 3,2 \text{ мкм}$$

Розраховуємо потрібні уточнення:

$$\varepsilon_{d3} = 210/51 = 4,1 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra3} = 3,2/1,6 = 2,0 \text{ мкм};$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 11,9 \cdot 4,1 = 48,8 \text{ мкм}$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 3,9 \cdot 2 = 7,8 \text{ мкм}$$

Четвертий перехід – шліфування чистове, що забезпечує:

$$T_{d4} = 51 \text{ мкм (9 квалітет)};$$

$$T_{Ra4} = 1,6 \text{ мкм}$$

Розраховуємо потрібні уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = 51/21 = 2,42 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{Ra2} = 1,6/1,6 = 1,0 \text{ мкм};$$

$$\prod_{j=1}^4 \varepsilon_d = 48,8 \cdot 2,42 = 119,1 \text{ мкм}$$

$$\prod_{j=1}^4 \varepsilon_{Ra} = 7,8 \cdot 1 = 7,8 \text{ мкм}$$

Отримані дані зведені до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – План обробки поверхонь

Характер поверхні	Показники уточнення		Кількість проходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розраховано	прийнято		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхонь 5 $\varnothing 30(f7_{-0.041}^{-0.02})$ Ra 1,6	Td	119,1	7,81	2	IT17→h14→h12→h9 →h7	1.	Заготовка – штамповка	2500	50	–	–
	Ra	7,81			Ra12,5→Ra6,3→Ra3,2 →Ra1,6→ Ra1,6	2.	Термічна обробка	–	–	–	–
						3.	Точіння чорнове	520	6,3	4,81	1,98
						4.	Точіння чистове	210	3,2	2,47	1,97
						5.	Термічна обробка	-	-	-	-
						6.	Шліфування попереднє	52	1,6	4	2
						7.	Шліфування чистове	21	1,6	2,47	1

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Довжинна поверхонь 11 62h14 _(-0.74) Ra 6.3	Td	4.05	1.21	2	IT17→h15→h14 Ra12,5→Ra6,3→Ra6,3	1.	Заготовка – штамповка	3000	50	–	–
	Ra	2				2.	Термічна обробка	–	–	–	–
						3.	Точіння	1200	6,3	2,5	1,98
						4.	Термічна обробка	-	-	-	-
						5.	Шліфування	740	6,3	1,62	1
Довжинна поверхонь 10 7JS12(±0,1) Ra 6.3	Td	4.05	1.21	2	IT17→ JS14→ JS12 Ra12,5→Ra6,3→Ra6,3	1.	Заготовка – штамповка	1500	50	–	–
	Ra	1.98				2.	Термічна обробка	–	–	–	–
						3.	Точіння	360	6,3	4.16	1,98
						4.	Термічна обробка	-	-	-	-
						5.	Шліфування	200	6,3	1.8	1

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

МВД – це загальний план, в якому на підставі розробленого МОП установлений склад та послідовність операцій технологічного процесу.

На структуру МВД впливає різні фактори, такі як тип виробництва, конфігурація розмірів деталі, її точність, об'єм випуску.

При проектуванні МВД необхідно користуватись правилами:

1. Спершу важливо розділити процес виготовлення деталі на операції чорнової, чистової та доводочної обробки.

2. Для зменшення впливу деформації заготовки після чорнової обробки необхідно виділити окрему операцію чистової обробки, щоб відокремити ці два етапи процесу.

3. Доводочна обробка виконується на кінцевій стадії технологічного процесу.

4. При плануванні операцій необхідно враховувати, що деякі поверхні деталі потребують виконання з використанням однієї установки. Це необхідно для забезпечення виконання технічних вимог, які ставляться до деталі.

Ескізи на кожен технологічну операцію зображені у тому вигляді у якому деталь встановлюється на технологічне обладнання.

Схематично зображені технологічні бази та вказана шорсткість оброблюваних поверхонь.

Маршрут представлений на плакаті НУЗП 714003.005.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Будь-яка заготовка, яка в подальшому буде оброблятися, виготовляється з припуском.

Припуск - це шар металу, який видаляється з заготовки під час процесу обробки для досягнення кінцевих розмірів і встановленого класу шорсткості поверхонь деталей. Припуски діляться на загальні та міжопераційні. Загальний припуск відноситься до шару металу, який видаляється протягом усього процесу обробки даної поверхні - від початкового розміру заготовки до кінцевого розміру готової деталі.

Міжопераційним називають припуск, який видаляють при виконанні окремої операції. Міжопераційний припуск повинен бути достатнім для того, щоб при обробці були вилучені всі дефекти попереднього переходу (дефектний шар і просторові відхилення).

Оптимальний припуск повинен мати розміри, які забезпечують виконання необхідної механічної обробки для даної деталі, одночасно враховуючи вимоги до шорсткості, якості поверхні металу та точності розмірів. При цьому має бути досягнуто мінімальне споживання матеріалу та оптимальна собівартість деталі.

Розраховуємо припуск на розмір $62_{-0,74}$ – довжинний розмір.

1. Призначаємо маршрут обробки. Обираємо операційні допуски.

Маршрут обробки:

Заготовка – штамповка ($T_1 = 3000$ мкм);

Точіння чорнове з однієї сторони ($T_1' = 1200$ мкм);

Точіння чорнове з іншої сторони ($T_1'' = 1200$ мкм);

Точіння чистове з однієї сторони ($T_1''' = 740$ мкм).

2. Вибираємо величини, які характеризують якість поверхонь, [2, т.12 с.186]:

$$\begin{array}{ll} R_z = 150 \text{ мкм} & h = 150 \text{ мкм;} \\ R_z' = 100 \text{ мкм} & h' = 100 \text{ мкм;} \\ R_z'' = 40 \text{ мкм} & h'' = 40 \text{ мкм;} \\ R_z''' = 5 \text{ мкм} & h''' = 5 \text{ мкм.} \end{array}$$

3. Залишкові просторові відхилення визначаються по формулі:

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + \Delta_{\text{см}}^2} \quad (1.7)$$

де $\Delta_k = 1,5$ – кривизна штампованої заготовки, [2, т.16, с.186];

$\Delta_{\text{см}} = 400 \text{ мкм}$ – відхилення від співвісності [2, т.18 с.187];

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{(1,5 \cdot 62,0)^2 + 400^2} = 410 \text{ мкм}$$

Для інших операцій $\Delta_{\text{інш}} = k_y \Delta_{\text{заг}}$:

$$\begin{array}{l} \Delta' = 0,06 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 410 = 25 \text{ мкм;} \\ \Delta'' = 0,05 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 410 = 20,5 \text{ мкм;} \\ \Delta''' = 0,03 \cdot \Delta_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 410 = 12,3 \text{ мкм.} \end{array}$$

4. Похибка встановлення визначаються по формулі, [2, с.45]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.8)$$

де $\varepsilon_y' = 50 \text{ мкм}$; $\varepsilon_y'' = 20 \text{ мкм}$; $\varepsilon_y''' = 0 \text{ мкм}$.

5. Розрахунок величини мінімального припуску по переходам за формулою:

$$Z'_{\min} = \left[(R + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \epsilon_i^2} \right] \quad (1.9)$$

$$Z'_{\min} = \left[(150 + 150) + \sqrt{410^2 + 50^2} \right] = 715 \text{ мкм}$$

$$Z''_{\min} = \left[(100 + 100) + \sqrt{25^2 + 20^2} \right] = 232 \text{ мкм}$$

$$Z'''_{\min} = \left[(40 + 40) + \sqrt{20,5^2 + 0^2} \right] = 100,5 \text{ мкм}$$

6. Визначаємо граничні проміжні розміри по технологічним переходам і кінцеві розміри заготовки по формулам:

$$a_{\min i-1} = a_{\min i} + Z_{\min i}; \quad (1.10)$$

$$a_{\max i-1} = a_{\min i-1} + T_{1 i-1} \quad (1.11)$$

$$a'''_{\min} = a'''_{\max} - T'''_L = 62 - 0,74 = 61,26 \text{ мм}$$

$$a''_{\min} = a'''_{\min} + z'''_{\min} = 61,26 + 0,1005 = 61,3605 \text{ мм Округляємо до } 61,4 \text{ мм}$$

$$a''_{\max} = a''_{\min} + T''_L = 61,4 + 1,2 = 62,6 \text{ мм}$$

$$a'_{\min} = a''_{\min} + z''_{\min} = 61,4 + 0,232 = 61,632 \text{ мм Округляємо до } 61,7 \text{ мм}$$

$$a'_{\max} = a'_{\min} + T'_L = 61,7 + 1,2 = 62,9 \text{ мм}$$

$$a'_{\min \text{ заг}} = a'_{\min} + z'_{\min} = 61,7 + 0,715 = 62,415 \text{ мм Округляємо до } 62,5 \text{ мм}$$

$$a'_{\max \text{ заг}} = a'_{\min \text{ заг}} + T'_L = 62,5 + 3 = 65,5 \text{ мм}$$

де $Z_{\min i}$ - мінімальний припуск на сторону на виконуваний технологічний перехід [2, с.178];

$a_{\min i-1}$, $a_{\max i-1}$ – найбільші та найменші граничні розміри [2, с.178];

Номінальний розмір: $65,6 - 2 = 63,5 \text{ мм}$

7. Визначаємо одержані граничні припуски по формулам:

$$Z_{\max i-1} = a_{\max i} - a_{\min i-1}; \quad (1.12)$$

$$Z_{\min i-1} = a_{\min i} - a_{\min i-1} \quad (1.13)$$

$$Z'_{\min} = a_{\min \text{ заг}} - a'_{\min} = 62,5 - 61,7 = 0,8 \text{ мм}$$

$$Z''_{\min} = a'_{\min} - a''_{\min} = 61,7 - 61,4 = 0,3 \text{ мм}$$

$$Z'''_{\min} = a''_{\min} - a'''_{\min} = 61,4 - 61,26 = 0,14 \text{ мм}$$

$$Z'_{\max} = a_{\max \text{ заг}} - a'_{\max} = 65,5 - 62,9 = 2,6 \text{ мм}$$

$$Z''_{\max} = a'_{\max} - a''_{\max} = 62,9 - 62,6 = 0,3 \text{ мм}$$

$$Z'''_{\max} = a''_{\max} - a'''_{\max} = 62,6 - 62 = 0,6 \text{ мм}$$

8. Знаходимо одержаний загальний припуск:

$$2Z_{\text{заг max}} = \Sigma 2Z_{\text{max}} = 3,5 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{заг min}} = \Sigma 2Z_{\text{min}} = 1,24 \text{ мм}$$

9. Виконуємо перевірку правильності розрахунків по формулі:

$$T_{(I) \text{ заг}} - T_{(I) \text{ дет}} = Z_{\text{заг max}} - Z_{\text{заг min}} \quad (1.14)$$

$$3000 - 740 = 3500 - 1240;$$

$$2260 = 2260$$

Таким чином, розрахунки виконані вірно, отримані данні заносимо у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків аналітично на розмір $62_{-0,74}$

Розрахунковий розмір	Технологічний перехід	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	Виконавчий розмір
		Rz	h	Δ	σ				$a_{\max}$	$a_{\min}$		
$62_{-0,74}$	Заготовка – штамповка	150	150	410	–	–	62,415	3000	65,5	62,5	3500	$63,5_{-1}^{+2}$
	Точіння чорнове з однієї сторони (')	100	100	25	50	715	61,632	1200	62,9	61,7	2600	$62,9_{-1,2}$
	Точіння чорнове з іншої сторони (')	40	40	20,5	20	232	61,3605	1200	62,6	61,4	300	$62,6_{-1,2}$
	Точіння чистове з однієї сторони (')	5	5	12,3	0	100,5	61,26	740	62	61,26	600	$62_{-0,74}$

Рахуємо припуск на розмір $\varnothing 30 f7_{-0,041}^{-0,02}$ – зовнішня циліндрична поверхонь

1. Призначаємо маршрут обробки. Вибираємо операційні допуски по [2].

Маршрут обробки:

Заготівка – штамповка ($T_D = 2500$ мкм);

Точіння напівчистове ($T_D' = 62$ мкм);

Шліфування ($T_D'' = 21$ мкм).

2. Визначаємо мінімальні припуски по [2, с.176]:

$$2Z'_{\min} = 700 \text{ мкм};$$

$$2Z''_{\min} = 100 \text{ мкм}.$$

3. Визначаємо допуск на розмір заготовки: $T_{D(L)} = 9000 \text{ мкм}$ [2].

Поділяємо допуск на відхилення - верхнє (es) і нижнє (ei):

$$es = 2/3 \cdot T_d = 1,7 \text{ мм};$$

$$ei = 1/3 \cdot T_d = 0,8 \text{ мм}.$$

4. Визначаємо граничні проміжні розміри по технологічних переходах і остаточні розміри заготовки по формулам:

$$D_{\min i-1} = D_{\min i} + 2Z_{\min i}; \quad (1.15)$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i-1} + T_{D i-1} \quad (1.16)$$

$$D''_{\min} = D''_{\max} - T''_d = 30 - 0,021 = 29,979 \text{ мм}$$

$$D'_{\min} = D''_{\min} + 2Z''_{\min} = 29,979 + 0,1 = 30,079 \text{ мм}$$

$$D'_{\max} = D'_{\min} + T'_d = 30,079 + 0,062 = 30,141 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ заг}} = D'_{\min} + 2Z'_{\min} = 30,079 + 0,7 = 30,779 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ заг}} = D_{\min \text{ заг}} + T_d = 30,779 + 2,5 = 33,3 \text{ мм}$$

Номінальний розмір: $33,3 - 1,7 = 31,6 \text{ мм}$

5. Визначаємо отримані граничні припуски по формулам:

$$2Z_{\max i-1} = D_{\max i} - D_{\min i-1}; \quad (1.17)$$

$$2Z_{\min i-1} = D_{\min i} - D_{\min i-1} \quad (1.18)$$

$$2Z'_{\min} = D_{\min \text{ заг}} - D'_{\min} = 30,8 - 30,079 = 0,721 \text{ мм}$$

$$2Z''_{\min} = D'_{\min} - D''_{\min} = 30,079 - 29,979 = 0,1 \text{ мм}$$

$$2Z'_{\max} = D_{\max \text{ заг}} - D'_{\max} = 33,3 - 30,141 = 3,159 \text{ мм}$$

$$2Z''_{\max} = D'_{\max} - D''_{\max} = 30,141 - 30 = 0,141 \text{ мм}$$

6. Знаходимо одержаний загальний припуск по формулі:

$$2Z_{\text{заг max}} = \Sigma 2Z_{\max} = 3,3 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{заг min}} = \Sigma 2Z_{\text{min}} = 0,821 \text{ мм.}$$

7. Виконуємо перевірку правильності розрахунків по формулі (1.14):

$$2500 - 21 = 3300 - 821;$$

$$2479 = 2479 \text{ мкм}$$

Таким чином, розрахунки виконані вірно. Отримані дані зведемо у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок припусків по нормативам

Розрахунковий розмір	Технологічний перехід	Табличний припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри мм		Граничні припуски мкм		Виконавчий розмір
					Dmax	Dmin	2Zmax	2Zmin	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø30f7	Заготівка – штамповка	–	30,779	2500	33,3	30,8	3300	821	Ø31,6 ^{+1,7} _{-0,8}
	Точіння напівчистове (/);	700	30,079	62	30,141	30,079	3159	721	Ø30,141 _{-0,062}
	Шліфування (//)	100	29,979	21	30	29,979	141	100	Ø30f7 ^{(-0,02} _{-0,041)}
7±0,1	Заготівка – штамповка	–	10	1500	11,5	10	4500	3200	10,5 ^{+1,0} _{-0,5}
	Точіння чорнове з однієї сторони (/)	1400	8,55	580	9,13	8,55	2370	1450	9,13-0,58
	Точіння чорнове з іншої сторони (//)	1400	7,15	580	7,73	7,15	1400	1400	7,73-0,58
	Точіння чистове з однієї сторони (///)	250	6,9	360	7,26	6,9	470	250	7,26-0,36
	Шліфування попереднє з іншої сторони (////)	100	6,8	200	7	6,8	260	100	7±0,1

Проставимо виконавчі розміри на креслені заготовки.

Ескіз проектної заготовки наведений на рис.1.5.

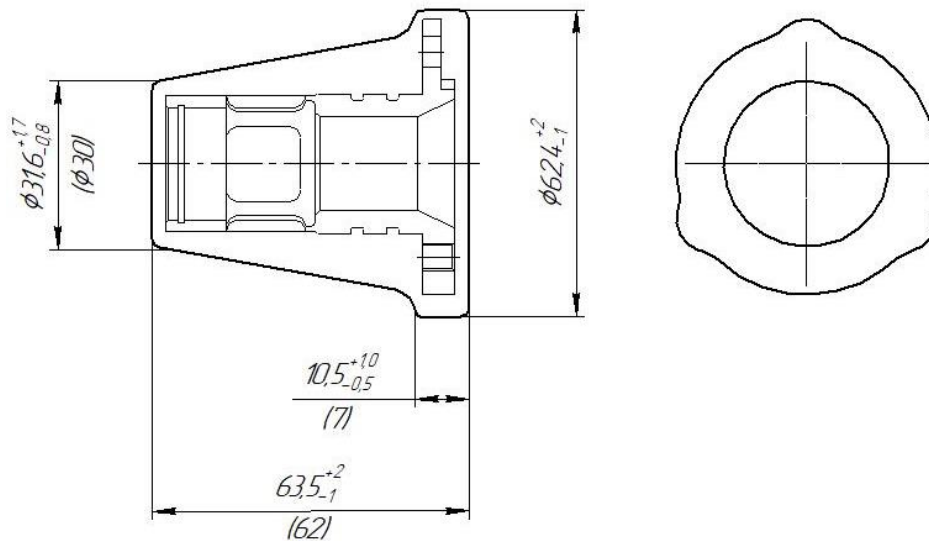


Рисунок 1.5 – Ескіз проектної заготовки

Під час розробки дипломного проекту проводиться поліпшення процесу виготовлення корпусу деталі шляхом об'єднання кількох операцій. Зокрема, операції фрезерування (050), свердління (060) і різьбонарізання (080) об'єднуються в одну операцію фрезерно-свердлильного оброблення з використанням комп'ютерно-числового керування (ЧПК).

Для здійснення цих операцій використовується фрезерний верстат моделі ГФ2171СФ5 з ЧПК.

На рисунку 1.6 продемонстровано ескіз операції фрезерно-свердлильного оброблення з ЧПК.

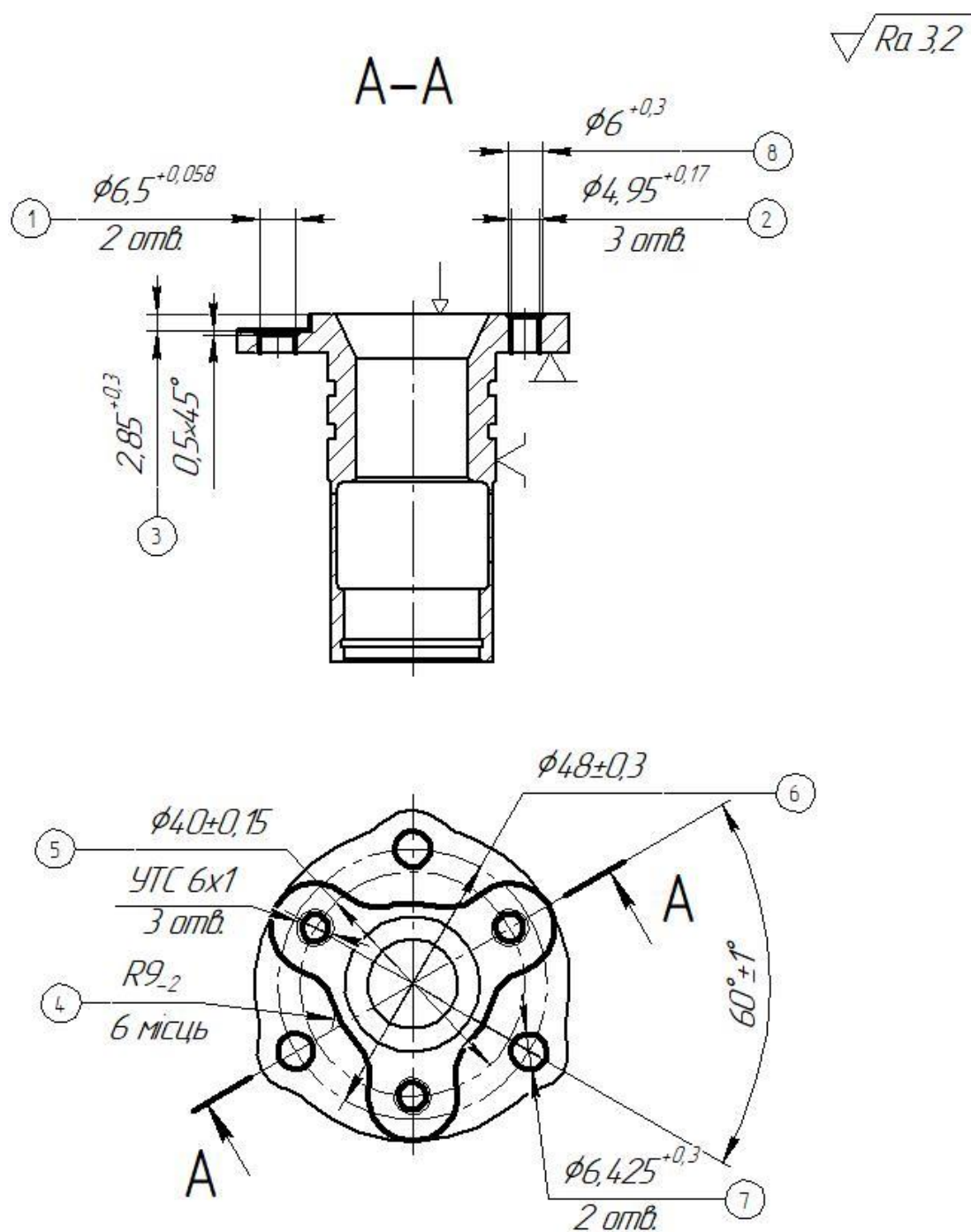


Рисунок 1.6 – Операція 055 фрезерно-свердлильна з ЧПК

1.6 Розрахунок режимів різання

Визначення режимів різання та основного часу аналітичним способом на операцію 080 – токарну з ЧПК, верстат з ЧПК моделі GA3300.

Ескіз обробки на операцію 080 відображений на рис.1.7.

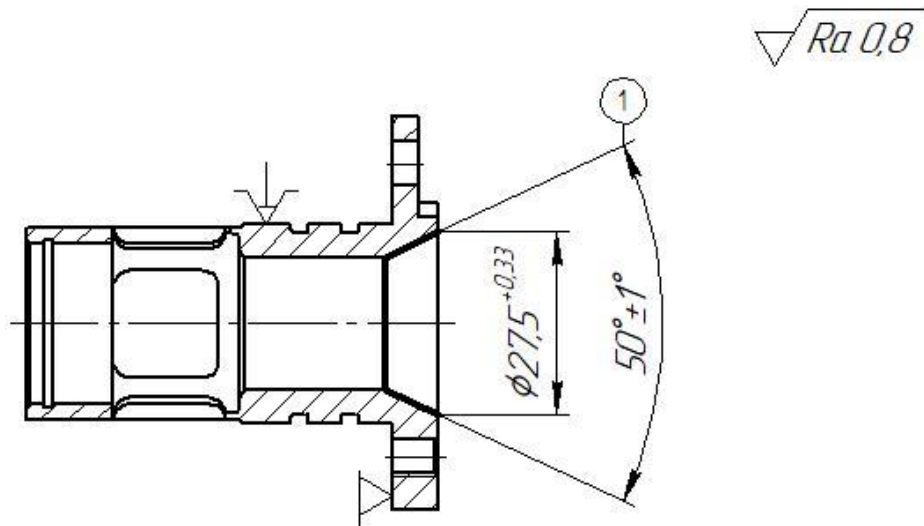


Рисунок 1.7 – Ескіз операції 080 токарна з ЧПК

Точити по програмі, витримуючи розмір 1

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: геометричні параметри різця. Різець прохідний ГОСТ 18877-83; Н=25; В=20; L=140; m=10; a=18; r=1,5; $\varphi=45^{\circ}$; $\varphi_1=45^{\circ}$; $\gamma=8^{\circ}$; $\alpha=10$ матеріал ріжучої частини ВК8.

2 Визначаємо глибину різання t в мм по формулі:

$$t = L_{\text{заг}} - L_{\text{дет}} \quad (1.19)$$

$$t = 27.5 - 27 = 0.5 \text{ мм}$$

3 Вибираємо подачу на один оберт S_0 мм/об [9, с.240] $S_0 = 0,1$ мм/об.

4 Визначаємо швидкість різання, яка допускається ріжучими властивостями інструменту в м/хв. [9, с.240] за формулою:

$$V_{\text{різ}} = \frac{C_v}{T^m \cdot S_{\text{обт}}^y \cdot t^x} \cdot K_v \quad (1.20)$$

де $T = 60$ хв - стійкість інструменту [2];

C_v, m, x, y , вибираємо з [2, т.22 с.273];

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання;

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу [2, т.32 с.242];

K_{nv} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [2, т.35 с. 242];

K_{uv} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [2, т.35 с.242].

$C_v=420$; $x=0,15$; $y=0,20$; $m=0,20$; $K_v=0,9$

$$V_{\text{різ}} = \frac{420}{60^{0,20} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,9 = 84,3 \text{ м/хв}$$

5 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{max}}} \quad (1.21)$$

де $V_{\text{розр}}$ – швидкість різання, м/хв;

π – 3,14;

D – максимальний оброблюваний діаметральний розмір, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 84,3}{3,14 \cdot 56} = 479 \text{ хв}^{-1}$$

6 Коректуємо частоту обертів оброблюваної деталі за паспортними даними верстату і встановлюємо дійсну частоту - $n_{\text{вт}} = 400 \text{ хв}^{-1}$.

7 Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_{\max} \cdot n_{\text{см}}}{1000}, \quad (1.22)$$

де n – частота обертання шпинделя, об/хв;

$D_{\max}$ – максимальний оброблюваний діаметральний розмір, мм.

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 400}{1000} = 70,3 \text{ м / хв}$$

8 Визначаємо головну силу різання, Н [2, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_{\text{овт}}^y \cdot V_{\text{д}}^n \cdot K_p, \quad (1.23)$$

де C_p , x , y , n – обираємо з [2, т.22 с.273];

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує конкретний вплив умов обробки та розраховується за формулою:

$$K_p = K_{\text{тп}} \cdot K_{\varphi\text{р}} \cdot K_{\gamma\text{р}} \cdot K_{\lambda\text{р}} \cdot K_{r\text{р}},$$

де $K_{\text{тп}}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності [2, т.10 с.265];

$K_{\gamma\text{р}}$ – поправочний коефіцієнт, переднього кута [2, т.23 с.275];

$K_{\lambda\text{р}}$ – поправочний коефіцієнт, куту нахилу головного леза [2, т.23 с.275];

$K_{\varphi\text{р}}$ – поправочний коефіцієнт, головного кута в плані [2, т.23 с.275];

$K_{r\text{р}}$ – поправочний коефіцієнт, радіуса при вершині, мм [2, т.23 с.275].

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 70,3^0 \cdot 1 = 182 \text{ Н}$$

9 Визначаємо потужність, що витрачається на різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V_o}{1020 \cdot 60}, \quad (1.24)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{182 \cdot 70,3}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

10 Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату. Обробка можлива, якщо $N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$, де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату, кВт:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (1.25)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигуна верстату, кВт;

η – к.к.д верстату [3].

$$N_{\text{шп}} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \text{ кВт}$$

$$0,2 \text{ кВт} < 1,35 \text{ кВт}$$

11 Визначаємо машинний час за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{хв.д}}} \cdot i, \quad (1.26)$$

де L – шлях інструменту в напрямку подачі в мм;

$S_{\text{хв.д}}$ – подача в мм/об;

i – кількість робочих ходів,

$$L = l + y + \Delta, \quad (1.27)$$

де l – розмір поверхні, що обробляється в напрямку подачі в мм;

y – величина врізання, мм;

Δ – $1 \div 5$ мм – вихід ріжучого інструменту (перебіг).

$$T_o = \frac{5 + 3 + 2}{0,1 \cdot 400} \cdot 1 = 0,23 \text{ хв}$$

Визначення режимів різання та основного часу табличним способом на операцію 055 – фрезерно-свердлильну з ЧПК (рис. 1.6).

Перехід 01 – Центрувати отвори по програмі, витримуючи розміри 1

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Свердло спіральне з циліндричним хвостиком, $\varnothing 3$, Р6М5 ГОСТ 10902-77.

2 Визначаємо глибину різання t в мм за формулою: $t = \frac{3}{2} = 1,5$ мм

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,05$ мм/об

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 400$ хв⁻¹.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 400}{1000} = 3,8 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{1,5 + 1,5}{0,05 \cdot 400} \cdot 6 = 3,8 \text{ хв}$$

Перехід 02 – Свердлити три отвори по програмі, витримуючи розміри 1

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком, ø6,3, Р6М5 ГОСТ 4010-77.

2 Визначаємо глибину різання t в мм за формулою: $t = 6,3/2 = 3,15$ мм

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,1$ мм/об.

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 250$ хв⁻¹.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 250}{1000} = 6,23 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{7 + 2 + 3}{0,1 \cdot 250} \cdot 3 = 1,14 \text{ хв}$$

Перехід 03 – Зенкерувати три отвори по програмі, витримуючи розміри 1.

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Зенкер спеціальний Р6М5.

2 Визначаємо глибину різання t в мм [2, с.265], за формулою:

$$t = (6,42 - 6,3)/2 = 0,06 \text{ мм}$$

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,15$ мм/об.

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 250 \text{ хв}^{-1}$.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6,42 \cdot 250}{1000} = 5,04 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{7 + 2 + 2}{0,15 \cdot 250} \cdot 3 = 0,88 \text{ хв}$$

Перехід 04 – Розгорнути три отвори по програмі, витримуючи розміри 1.

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Розгортка спеціальна Р6М5.

2 Визначаємо глибину різання t в мм [2, с.265], за формулою:

$$t = (6,511 - 6,42)/2 = 0,04 \text{ мм}$$

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,15$ мм/об.

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 250 \text{ хв}^{-1}$.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6,511 \cdot 250}{1000} = 5,1 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{7 + 2 + 2}{0,15 \cdot 250} \cdot 3 = 0,88 \text{ хв}$$

Перехід 05 – Фрезерувати контур по програмі, витримуючи розміри 3, 4, 5, 6.

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Фреза з конічним хвостовиком, $\varnothing 16$, Р6М5 ГОСТ 17025-71.

2. Визначаємо глибину різання t в мм за [2, с.265], формулою:

$$t = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм.}$$

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,1 \text{ мм/об.}$

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 315 \text{ хв}^{-1}$.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 315}{1000} = 15,8 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{120}{0,1 \cdot 315} \cdot 1 = 3,8 \text{ хв}$$

Перехід 06 – Свердлити три отвори по програмі, витримуючи розміри 2.

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Свердло спіральне з конічним хвостовиком, ø5, Р6М5 ГОСТ 4010-77.

2 Визначаємо глибину різання t в мм [2, с.265], за формулою:

$$t = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,05$ мм/об.

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 400 \text{ хв}^{-1}$.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 400}{1000} = 6,28 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{7 + 2 + 3}{0,05 \cdot 400} \cdot 3 = 1,95 \text{ хв}$$

Перехід 7 – Зенкувати шість отворів по програмі, витримуючи розміри 1, 2.

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Зенковка з конічним хвостовиком, ø15, Р6М5 спеціальна.

2 Визначаємо глибину різання t в мм [2, с.265], за формулою:

$$t = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [2, с.277-278]: $S_o = 0,1$ мм/об.

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 315 \text{ хв}^{-1}$.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 315}{1000} = 14,8 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{2 + 1,5}{0,1 \cdot 315} \cdot 6 = 0,67 \text{ хв}$$

Перехід 8 – Нарізати різьбу в трьох отворів по програмі, витримуючи розміри 1, 2.

1 Згідно вихідних даних вибираємо ріжучий інструмент: Мітчик машинний, М6, Р6М5 ГОСТ 24705-81.

2 Визначаємо глибину різання t в мм [2, с.265], за формулою: $t = 1$ мм.

3 Вибираємо подачу S_o в мм/об, [9, с.240]: $S_o = 0,1$ мм/об.

4 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі відповідно знайдений швидкості різання: $n = 315 \text{ хв}^{-1}$.

5 Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв. за формулою (1.22):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 315}{1000} = 5,93 \text{ м/хв}$$

6 Визначаємо машинний час в хв. за формулою (1.26):

$$T_o = \frac{7 + 2 + 2}{0,1 \cdot 315} \cdot 3 = 1,048 \text{ хв}$$

Загальний час на операцію складає: 11,268 хв.

Розрахунок режимів різання шліфувальної операції 065 (по нормативам).

Ескіз операції зображений на рис.1.8.

*065 Круглошліфвальна
Круглошліфувальний мод. 3Е153*

$\sqrt{Ra\ 1,6}$

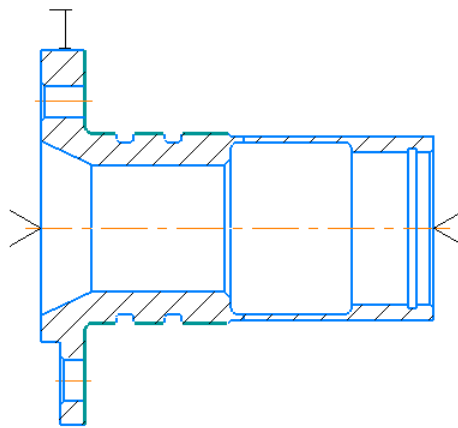


Рисунок 1.8 – Ескіз операції 065 шліфувальна

Перехід 01 – Шліфувати поверхні 1, 2.

2 Вибір ріжучого інструмента:

Вибір шліфувального круга залежить від оброблюваного матеріалу, необхідної шорсткості поверхні і умов обробки. Вибираємо параметри шліфувального круга згідно: ПП- прямого профілю білий електрокорунд, зернистість 25, твердість С1, зв'язка керамічна К1. Таким чином, обробку поверхонь будемо вести шліфувальним 14А, діаметр планшайби на шліф. верстаті 305мм, як і внутрішній діаметр круга ГОСТ 2424-83.

3 Глибина різання рівна припуску на сторону, та складає $t = 0,02$ мм.

4 Визначення подачі за формулою:

$$S_B = S_{BT} \cdot K_{SB} = 0,006 \cdot 0,87 = 0,0052 \text{ мм / об} \quad (1.30)$$

де S_{BT} 0,006 мм/об– табличне значення подачі, [2];

$$K_{SB} = K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{V_K} \cdot K_T \cdot K_{l_T} \cdot K_h \quad (1.31)$$

де $K_M = 1,0$ коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [9, с.239];

$K_R = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує радіус галтелі деталі [9, с.239];

$K_D = 0,63$ – коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального круга [9, с.239];

$K_{V_K} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує швидкість круга [9, с.239];

$K_T = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стійкість круга [9, с.239];

$K_{l_T} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує точність обробки [9, с.239];

$K_h = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує припуск на обробку [9, с.239];

$$K_{SB} = 1 \cdot 1 \cdot 0,63 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 0,87$$

5 Коректуємо отримане значення подачі за паспортом верстата:

$$S_B = 0,005 \text{ мм / об.}$$

6 Визначаємо швидкість різання: $V = 30 \dots 35$ м/хв, приймаємо 35 м/хв.

7 Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання в хв^{-1} за формулою (1.21):

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 29,98} = 378 \text{ об / хв}$$

8 Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату, приймаємо найближче менше значення $n_{BT} (\text{хв}^{-1})$:

$$n = 370 \text{ об / хв}$$

9 Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою (1.22):

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
055	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	Центрувати 1, 6	Фрезерно-свердлильний з ЧПК мод. ГФ2171СФ5	1,5	0,05	400	3,8	0,9
		Свердлити 1		3,15	0,1	315	6,23	1,14
		Зенкерувати 1		0,06	0,15	250	5,04	0,88
		Розгорнути 1		0,04	0,15	250	5,1	0,88
		Фрезерувати 3-6		2,5	0,1	315	15,8	3,8
		Свердлити 2		2,5	0,05	400	6,28	1,95
		Зенкувати 1, 2		0,5	0,1	315	14,8	0,67
		Різьблення 2		0,1	0,1	315	5,93	1,048
T _o								11,268
065	Круглошліфувальна	Шліфувати 1, 2	Круглошліфувальний мод. 3E153	0,02	0,005	1200	35	0,62
070	Фрезерна з ЧПК	Фрезерувати 1 ,2, 3	Фрезерний з ЧПК мод. FYCR36	1,5	0,1	315	15,8	6,34
080	Токарна з ЧПК	Точити 1	Токарний з ЧПК мод. GA3300	0,5	0,1	400	70,3	0,23

1.7 Технічне нормування операцій

Нормування операції 080 (токарної з ЧПК). Модель верстата токарний з ЧПК GA3300.

Норма часу на технологічну операцію з ЧПУ розраховується за формулою:

$$T_{\text{ум}} = (T_a + T_{\text{дон}}) \left(1 + \frac{a_{\text{обсл}} + a_{\text{відн}}}{100} \right), \quad (1.32)$$

де $a_{\text{обсл}} = 5\%$ - час на обслуговування робочого місця [3, с.223, табл.45];

$a_{\text{відп}} = 4\%$ - час відпочинку й особистих потреб [3, с.236, табл.46];

T_a - час автоматичної роботи верстату за програмою, визначається по формулі:

$$T_a = T_{o.a} + T_{\text{доп.а}}, \quad (1.33)$$

де $T_{o.a}$ - час основної автоматичної роботи, визначається по формулі:

$$T_{o.a} = t_{o.a1} + t_{o.a2} + \dots + t_{o.an}, \quad (1.34)$$

$$T_{oa} = 0,23 \text{ хв}$$

$T_{\text{доп.а}}$ - час допоміжної автоматичної роботи за програмою, складається з часу на виконання холостих ходів та часу технологічних пауз для зупинки обертання шпинделя, подачі, заміну інструменту та інше, визначається по формулі:

$$T_{\text{доп а}} = 0,3T_{oa}, \quad (1.35)$$

$$T_a = 1,3 \cdot 0,23 = 0,3 \text{ хв}$$

$T_{\text{доп}}$ - час на виконання ручної допоміжної роботи, яка не перекривається часом автоматичної роботи верстату визначається по формулі:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{доп у}} + T_{\text{доп сп}} + T_{\text{доп вим}}, \quad (1.36)$$

де $T_{\text{вст}}$ - час на установку, закріплення деталі; установка і закріплення заготовки виконується в патроні з автоматичним затиском від пневмоприводу;

$T_{\text{вик}}$ - допоміжний час, пов'язаний з виконанням операції;

$T_{\text{вим}}$ - час, пов'язаний з вимірами (на верстаті виконується 30% контроль).

$$T_{\text{доп}} = 0,04 + 0,06 + 0,02 = 0,12 \text{ хв}$$

$$T_{\text{шт}} = (0,3 + 0,12) \cdot \left(1 + \frac{5 + 4}{100}\right) = 0,457 \text{ хв}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час: $T_{п.з.}=24$ хв.

Нормування операції 070 (фрезерна з ЧПК). Модель верстата фрезерний з ЧПК FYCR36.

$$T_{oa} = 6,34 \text{ хв}$$

$$T_a = 1,3 \cdot 6,34 = 8,242 \text{ хв}$$

$$T_{доп} = 0,32 + 0,44 + 0,36 = 1,12 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = (8,242 + 1,12) \cdot \left(1 + \frac{7 + 8}{100}\right) = 10,3 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.}=19 \text{ хв}$$

Нормування операції 065 (круглошліфувальна). Модель верстата круглошліфувальний 3E153.

$$T_{oa} = 0,62 \text{ хв}$$

$$T_{доп} = 0,12 + 0,1 + 0,141 = 0,32 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = (0,62 + 0,32) \cdot \left(1 + \frac{5 + 5}{100}\right) = 1,034 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.}=21 \text{ хв}$$

Нормування операції 055 (фрезерно-свердлильна з ЧПК). Модель верстата фрезерний з ГФ2171СФ5.

$$T_{oa} = 11,268 \text{ хв}$$

$$T_a = 1,3 \cdot 11,268 = 14,65 \text{ хв}$$

$$T_{доп} = 1,09 + 0,62 + 0,46 = 2,17 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = (14,65 + 2,17) \cdot \left(1 + \frac{7 + 8}{100}\right) = 18,84 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.}=19 \text{ хв}$$

Отримані дані зведені у таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Норма часу по операціям технологічного процесу

№	Найменування операції	Найменування верстату і модель	Норма часу			
			T _{оа} , хв	T _{доп} , хв	T _{шт} , хв	T _{п.з.} , хв
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний мод. МК53КС	3,308	0,46	4,145	21
035	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК мод. GA3300	11,71	1,26	14,137	24
045	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК мод. GA3300	1,404	0,52	2,116	24
055	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	Фрезерно-свердлильний з ЧПК мод. ГФ2171СФ5	14,65	2,17	18,84	19
065	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний мод. 3Е153	0,62	0,32	1,034	21
070	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК мод. FYCR36	8,242	1,12	10,3	19
080	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК мод. GA3300	0,3	0,12	0,457	24

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

NX є провідною системою CAD / CAM / CAE / CSE, яка базується на передових технологіях і розроблена для створення складних виробів. Вона має сильну позицію завдяки своїм широким можливостям в різних галузях промисловості, таких як авіакосмічна промисловість, двигунобудування, автомобілебудування, машинобудування та інші. NX використовує сучасні

технології, що дозволяють користувачам отримувати передові рішення в області MCAD на будь-якому етапі процесу створення виробу. Основні можливості програмного забезпечення Siemens NX включають: Моделювання (CAD). NX - неперевершене за можливостями і гнучкості рішення, що містить широкий діапазон додатків для проектування в машинобудуванні.

- 1) Промисловий дизайн: В NX надаються потужні інструменти для створення і керування зовнішнім виглядом поверхонь, що дозволяють дизайнерам будувати моделі складних форм з надзвичайною точністю до мікрона. Виробництво (CAM). Модулі системи NX є одними з кращих в світі. Генератор ЧПУ-програм виконаний на основі процесів обробки. Він включає правила обробки, призначені для створення програм при мінімальній участі інженера.
- 2) Інженерний аналіз (CAE): В NX доступна можливість створення та аналізу складних механічних систем з великими переміщеннями. Система надає інструменти для проведення статичного, кінематичного і динамічного аналізу механічних систем. Це дозволяє інженерам визначати поведінку системи під навантаженням і забезпечувати оптимальну проектну якість та надійність. Імітація роботи верстата (CSE). Безпосередньо в NX відбувається симуляція обробки, завантаженої програми в G-кодах.
- 3) Проектування і підготовка технічної документації. В NX існує можливість розробки великих збірок, а також створення складальної моделі як зверху донизу, так і знизу вгору. Це дозволяє ефективно проектувати складні вироби та генерувати технічну документацію, необхідну для їх випуску. Засоби NX допомагають забезпечити точність і повноту технічної інформації та спрощують процес підготовки документації. NX Render і NX Visualize. Створення високоякісних фотореалістичних зображень виробів.
- 4) Спеціалізовані додатки: NX має широкий спектр інструментів, призначених для вирішення спеціалізованих завдань. Вони включають

проектування листових деталей, які виготовляються штампуванням, витяжкою або формуванням, допомогу у створенні зварних конструкцій, інструменти для проектування трубопроводів, кабелів та електропроводки, а також модуль для створення деталей з композитних матеріалів. Ці спеціалізовані додатки доповнюють основні функціональні можливості NX і дозволяють користувачам ефективно працювати з конкретними видами дизайну та виробництва.

Розробка вертикально-фрезерної операції з ЧПК (оп. 055).

3D моделі деталі до обробки та після обробки, види траєкторії інструменту, метод обробки та керуюча програма показані на рис. 1.9...1.14.

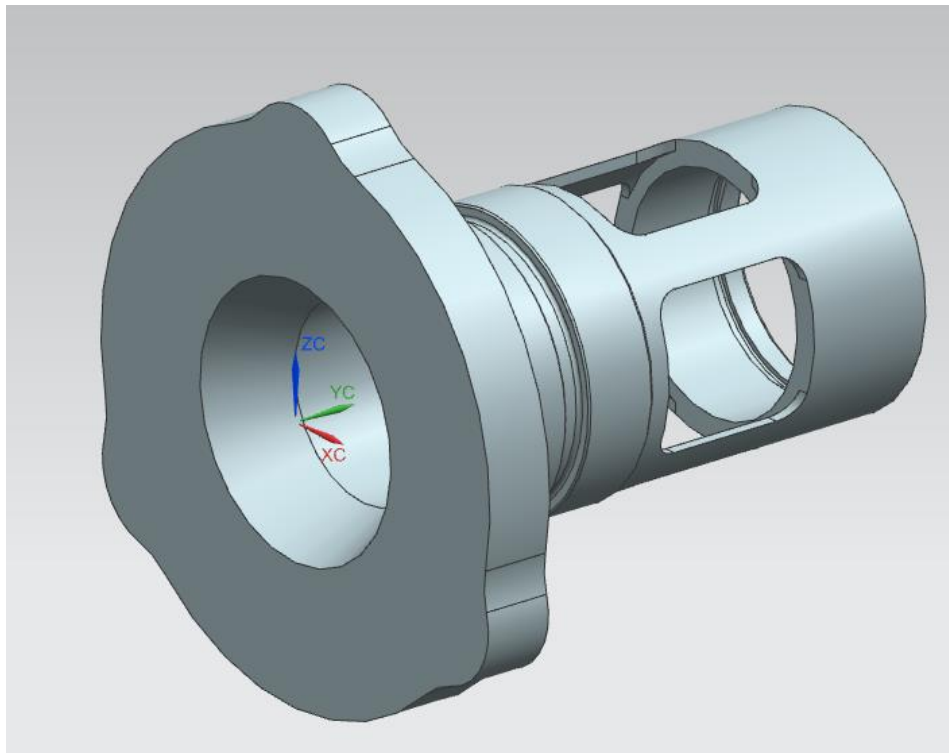


Рисунок 1.9 – 3D моделі деталі до обробки

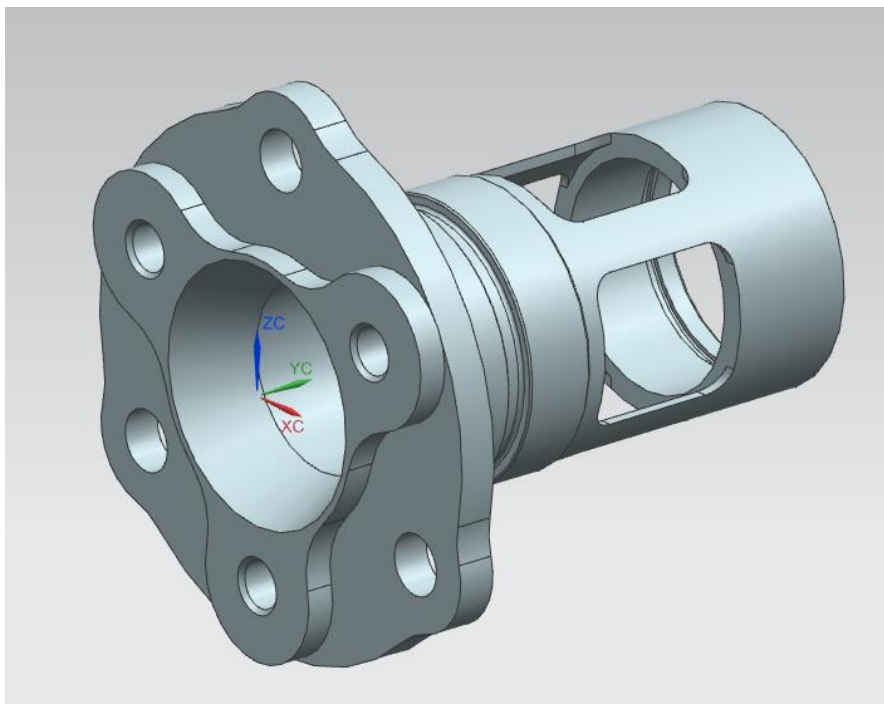


Рисунок 1.10 – 3D моделі деталі після обробки

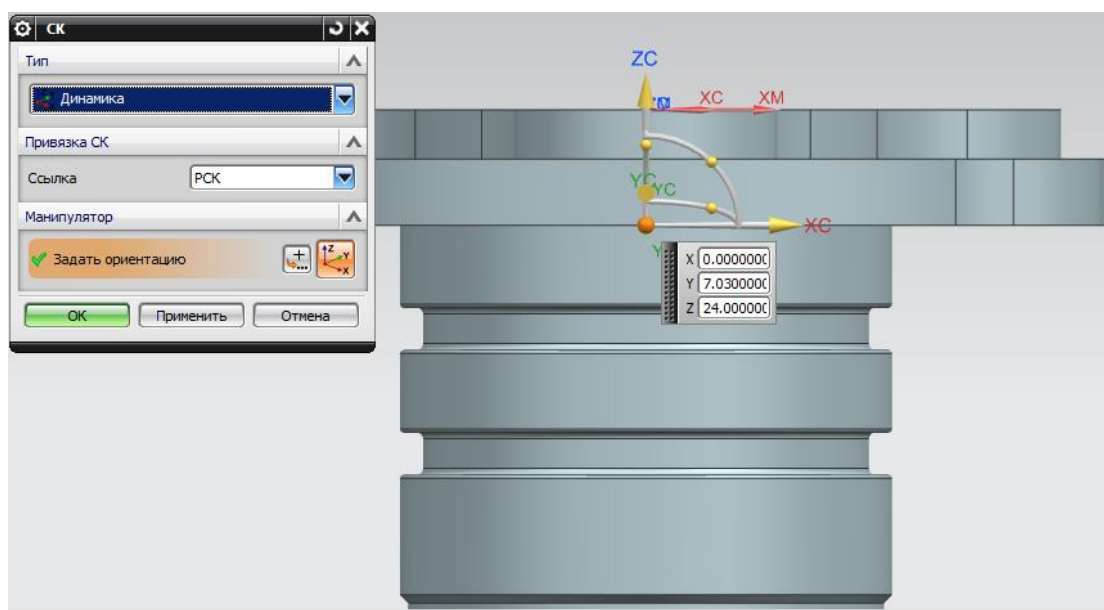


Рисунок 1.11 – Вибір системи координат

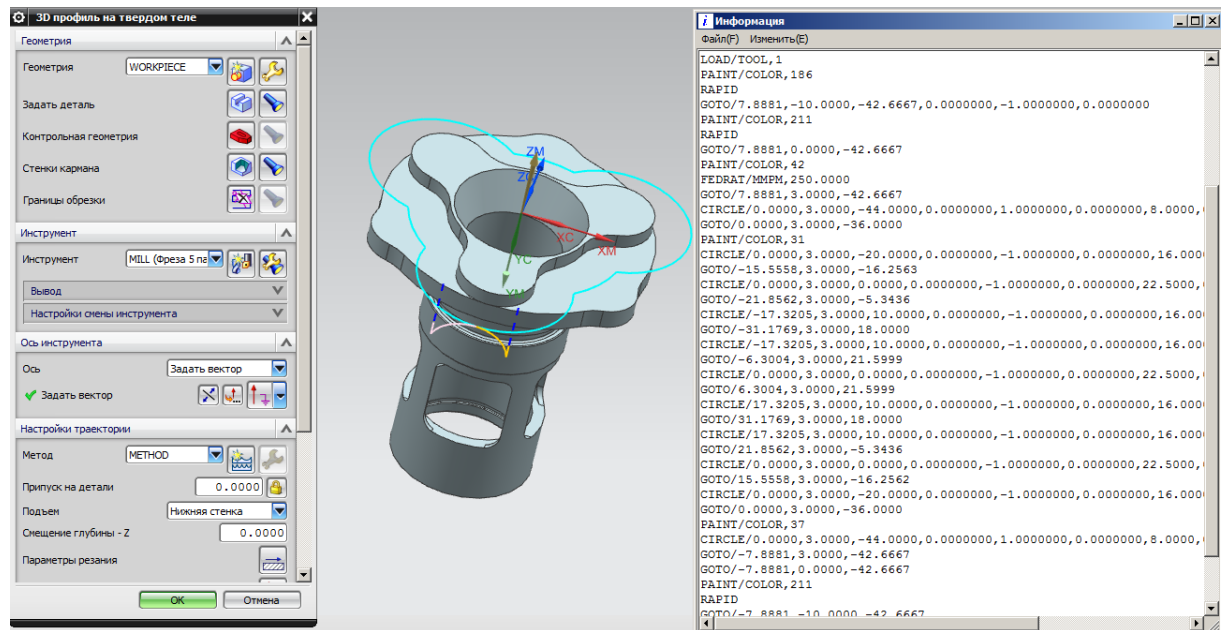


Рисунок 1.12 – Зображення траєкторії, налаштування та керуюча програма при фрезеруванні

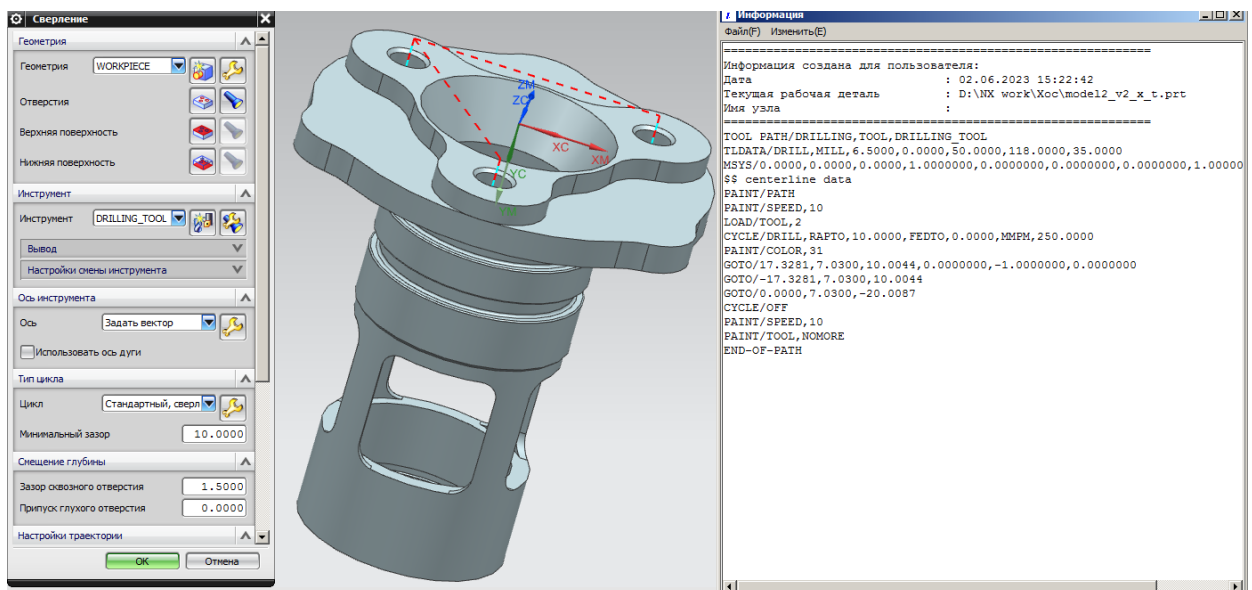


Рисунок 1.13 – Зображення траєкторії, налаштування та керуюча програма при свердлінні отворів Ø6,5

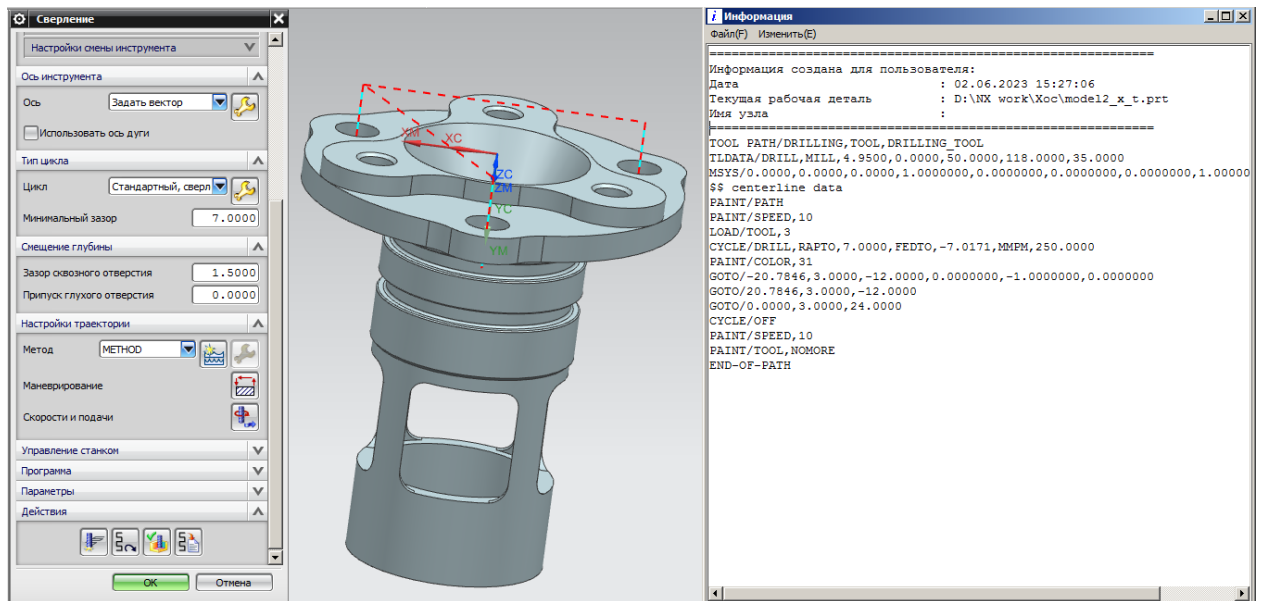


Рисунок 1.14 – Зображення траєкторії, налаштування та керуюча програма при свердлінні отворів $\varnothing 4,95$.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

У дипломному проекті для встановлення деталі на фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК моделі ГФ2171СФ5 (оп.055) проектується спеціальний пристрій з пневмоциліндром двосторонньої дії.

Похибка закріплення заготовки в пристосуванні визначається по формулі:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_y – різниця меж відхилень вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту, яка виникає в процесі базування та закріплення деталі;

ε_6 – частина похибки установки, яка виникає внаслідок невідповідності вимірювальної бази та бази налаштування;

ε_3 – частина похибки установки, яка виникає внаслідок відхилення вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил затиску.

Схема базування деталі зображена на рис.2.1.

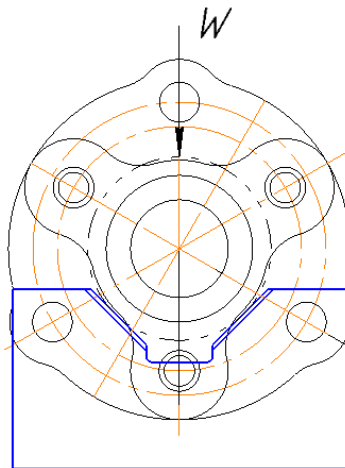


Рисунок 2.1 – Схема базування деталі

Похибка базування визначається по формулі:

$$\varepsilon_{\text{бН}_3} = k_3 \cdot T_d \quad (2.2)$$

де k_3 – коефіцієнт при використанні призми 90° , $k_3 = 1,21$ [12, с.16].

$$\varepsilon_{\text{бН}_3} = 1,21 \cdot 0,39 = 0,471$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_{\text{таб}} \cdot \sin \alpha/2, \quad (2.3,$$

де $\varepsilon_{\text{таб}}$ – таблицна похибка базування, при встановленні в призму,

$$\varepsilon_{\text{таб}} = 0,065 \text{ [12, с.16]}$$

$$\varepsilon_6 = 0,065 \cdot 0,8509 = 0,055 \text{ мм}$$

Визначення необхідної сили закріплення заготовки в пристосуванні.

Розрахуємо силу затиску W при використанні затискного пристрою, яке призначено для запобігання обертання від дії крутячого моменту.

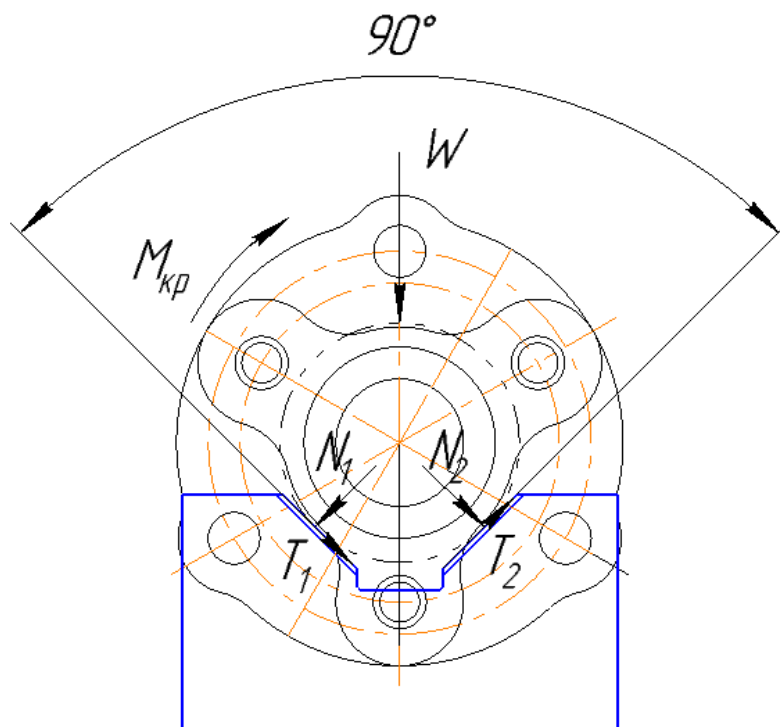


Рисунок 2.2 – Схема закріплення

Згідно схеми, яка зображена на рис.2.2 складемо рівняння суми моментів відносно центру деталі та виведемо формулу для визначення сили затиску:

$$\sum M_0 = 0 \quad (2.3)$$

$$T_1 = T_2 = T \quad (2.4)$$

$$N_1 = N_2 = N \quad (2.5)$$

$$M_{\text{пріз}} = 2 \cdot T \cdot R + F \cdot R_{\text{тр}} \quad (2.6)$$

$$T = f_1 \cdot N \quad (2.7)$$

де $f_1 = 0,15 \dots 0,3$ – коефіцієнт тертя [11, т.6.2, с.105];;

N – реакція опори (в даному випадку – призма).

$$N = \frac{W}{2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (2.8)$$

$$F = f_2 \cdot P_0 \quad (2.9)$$

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{3} D \quad (2.10)$$

$$k \cdot M_{\text{пріз}} = 2 \cdot f_1 \cdot \frac{W}{2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2}} \cdot R + f_2 \cdot P_0 \cdot \frac{1}{3} D \quad (2.11)$$

Розраховуємо необхідну силу затиску, N

$$W = \frac{\left(k \cdot M_{\text{пріз}} - f_2 \cdot P_0 \cdot \frac{1}{3} D\right) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f_1 \cdot R} \quad (2.12)$$

де $D = 62$ мм – діаметр деталі;

P_0 — осьове зусилля;

$M_{\text{пріз}} = 2$ Н · м – крутячий момент при фрезеруванні;

k – коефіцієнт запасу закріплення [11, с.100] визначається по формулі:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.13)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу [11, с.100];

$k_1 = 1$ – враховує зміну сил різання в процесі обробки із за нерівномірності приписку на заготовці [11, с.100];

$k_2 = 1,2$ – залежить від роду обробляемого матеріалу та нерівномірності зносу ріжучого інструменту [11, т.6.2, с.101];

$k_3 = 1$ – враховує вплив прірвистого виду обробки [11, с.101];

$k_4 = 1$ – характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сили затиску [11, с.102];

$k_5 = 1$ – характеризує ручний затиск з точки зору зручності закріплення деталі [1, с.102];

$k_6 = 1$ – залежить від сил затиску з врахуванням моментів різання та опорної поверхні пристосування [11, с.102].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 1,0 = 1,8$$

$$W = \frac{\left(1,8 \cdot 2 - 0,15 \cdot 1,1 \cdot \frac{1}{3} 0,062\right) \cdot \sin\left(\frac{90}{2}\right)}{0,15 \cdot 0,031} = 658,14 \text{ Н}$$

Звідки бачимо, що розрахункова сила затиску W при використанні затискного пристрою повинна складати 658,14 Н.

Знаходимо діаметр циліндра [11, с.138] за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \quad (2.14)$$

де, Q – сила затиску, Н;

$\rho = 0,4$ - тиск повітря, г/см^3 ;

$\eta = 0,95$ - коефіцієнт корисної дії.

Знаходимо діаметр циліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 658,14}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 46,97 \text{ мм}$$

Знайдений діаметр округляємо до найближчого стандартного розміру циліндра $D = 50 \text{ мм}$ [11, т.7.8, с.151].

2.2 Проектування контрольного пристосування

Для перевірки виконання технічних вимог, а саме відхилення від перпендикулярності торця $0,01$ відносно бази Б, спроектоване контрольне пристосування (рис. 2.3).

Деталь установлюється у призму поз.2 по зовнішньому діаметру, на плиті поз.1 закріплена стійка поз.3, яка регулюється. На стійці поз.3 закріплений штифт поз. 5 з годинником індикаторного типу. Годинник підводиться до контуру що контролюється, деталь повертається за замірюється величина биття.

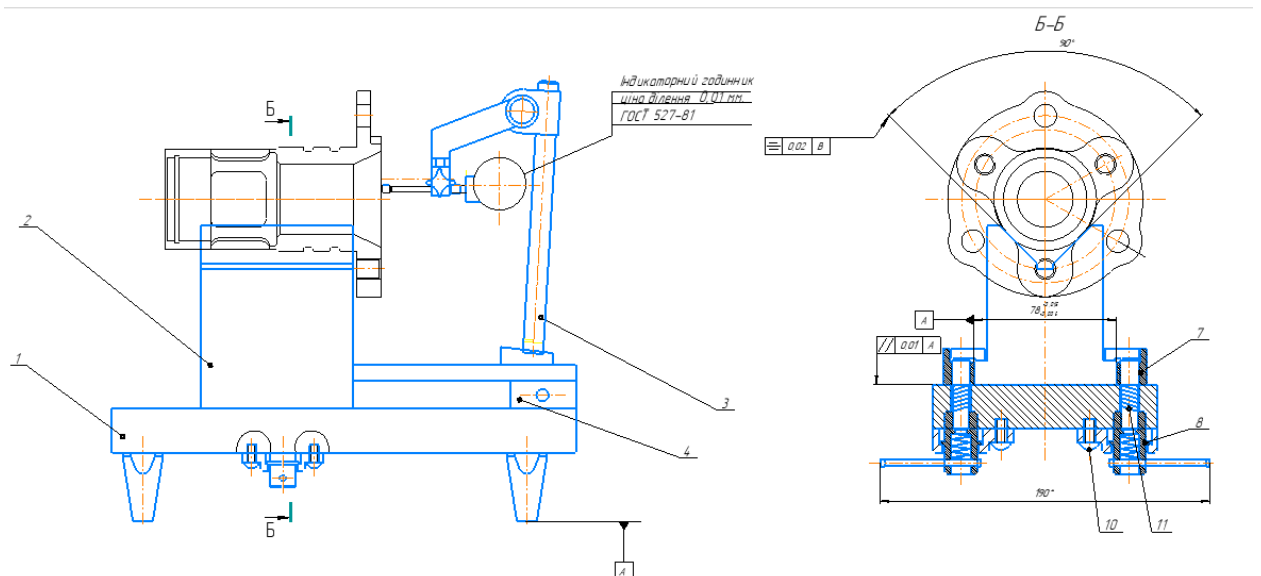


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Провести розрахунок на статичну міцність та визначити величину напружень, які виникають в заданій деталі під дією вказаного осьового зусилля.

Вихідні дані:

3D модель деталі – рис. 2.3;

Матеріал деталі – 14X17H2 ГОСТ ГОСТ 1133-71;

осьове зусилля – 3500 Н.

У проекті додаємо блок «Static Structural». В розділ «Geometry» завантажуюмо геометричну модель заданої деталі.

Геометрична модель наведена на рис. 2.4.

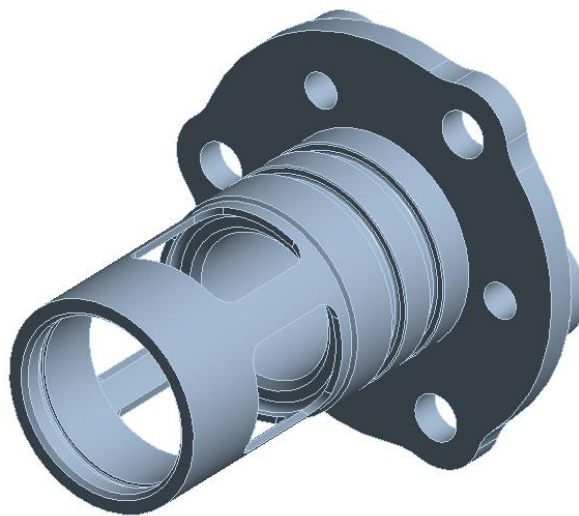


Рисунок 2.4 – Геометрична модель

Налаштовуємо меню графічного інтерфейсу управління матеріалами та додаємо стандартну сталь «structural steel».

Заходимо до блоку «Static Structural» через модель та в дереві побудови в меню «Solid» обираємо заздалегідь завантажений матеріал – «structural steel».

Далі за допомогою вбудованого сіткового генератора «Mesh» створюємо сітку кінцевих елементів. Для створення більш точної сітки кінцевих елементів регулюємо параметри «transition», «span angle center», «smoothing». Виставляємо загальний розмір для всіх сіткових елементів 3 мм за допомогою команди «element size». Генеруємо автоматичну сітку для нашої розрахункової моделі.

Загальне дерево проєкту наведено на рис. 2.5.

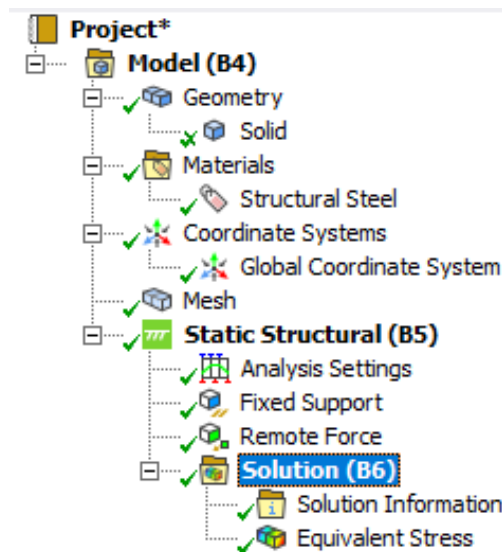


Рисунок 2.5 – Загальне дерево проєкту

Наступний крок – фіксуємо модель по поверхням трьох отворів діаметром 6,5 мм за допомогою команди «Fixed» на панелі «Supports». Осьове зусилля прикладаємо до внутрішньої поверхні деталі з діаметром 24 мм за допомогою команди «Force» на панелі «Loads». Задаємо значення зусилля 3500 Н вздовж осі заданої деталі.

Умови фіксації та навантаження розрахункової моделі наведені на рис. 2.6.

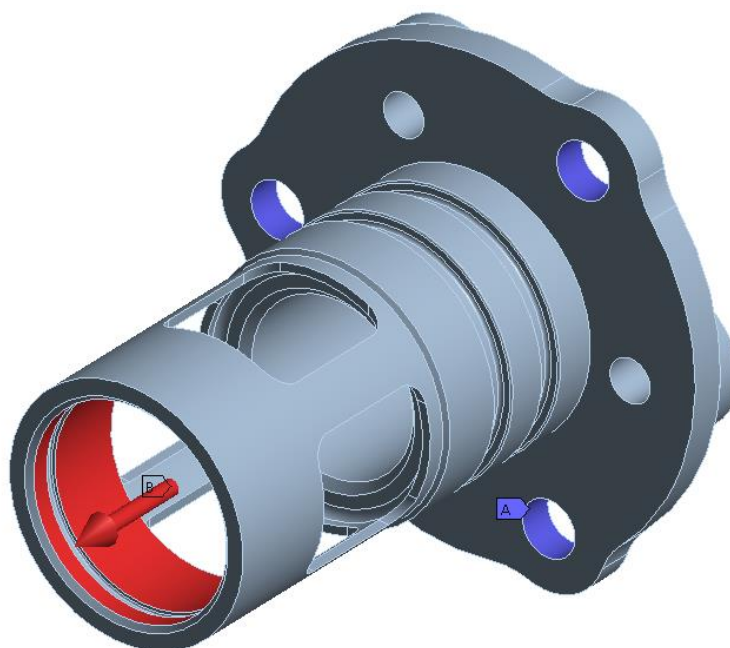


Рисунок 2.6 – Умови фіксації та навантаження розрахункової моделі

Після вище перелічених кроків натискаємо кнопку «Solve» та аналізуємо отриманий напружено-деформований стан, використавши команду «Equivalent Stress».

Напружено-деформований стан розрахункової моделі наведений на рис. 2.7.

B: Copy of Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
01.06.2023 14:10

265,13 Max
250
218,77
187,53
156,3
125,07
93,832
62,598
31,365
0,1312 Min

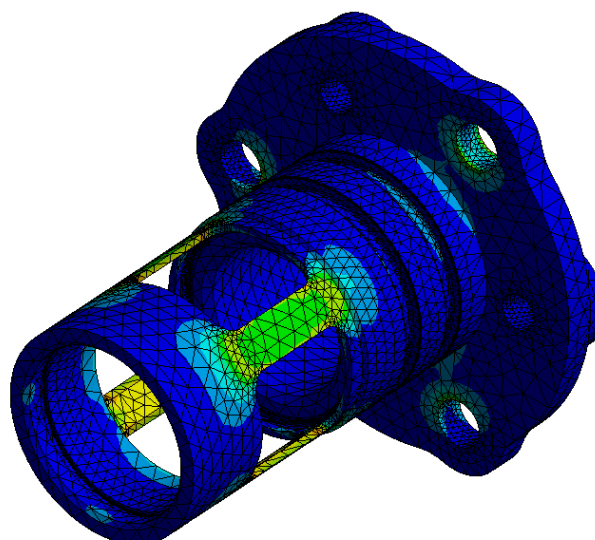


Рисунок 2.7 – Напружено-деформований стан розрахункової моделі

Після проведення статичного розрахунку було встановлено, що задана деталь має напружено-деформований стан. При прикладенні осьового зусилля до деталі не спостерігається напружень, що перевищують межу плинності матеріалу і не викликають пластичні деформації.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Кількість верстатів, необхідних для виконання заданих операцій, визначаємо по формулі:

$$C_p = \frac{t_{шт} \cdot N}{F_d \cdot k_B \cdot k_3 \cdot 60} \quad (3.1)$$

де $t_{шт}$ – штучний час по операціям, хв.[5, с.10];

$N = 3000$ – програма випуску [5, с.10];

$F_d = 4015$ год – дійсний фонд часу роботи обладнання [5, с.10];

$k_B = 1,1$ – коефіцієнт виконання норм часу[5, с.10];

$k_3 = 0,8 \dots 0,85$ – коефіцієнт завантаження обладнання [5, с.10].

$$C_{p_{15}} = \frac{4,145 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,055 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

$$C_{p_{35}} = \frac{14,137 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,188 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

$$C_{p_{45}} = \frac{2,116 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,028 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

$$C_{p_{55}} = \frac{18,84 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,251 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

$$C_{p_{65}} = \frac{1,034 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,014 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

$$C_{p_{70}} = \frac{10,3 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,137 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

$$C_{p_{85}} = \frac{0,457 \cdot 3000}{4015 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,06 \text{ приймаємо } C_{пр} = 1 \text{ шт}$$

Чисельність верстатників (операторів) розраховуються по формулі:

$$\chi_e = \frac{t_{\text{шт}} \cdot N}{\Phi_B \cdot 60} \quad (3.2)$$

де $\Phi_B = 1800$ год – річний фонд часу одного робітника [5, с.11].

$$\chi_{e15} = \frac{4,145 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,111 \text{ приймаємо } \chi_{e15} = 1 \text{ шт}$$

$$\chi_{e35} = \frac{14,137 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,380 \text{ приймаємо } \chi_{e35} = 1 \text{ шт}$$

$$\chi_{e45} = \frac{2,116 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,057 \text{ приймаємо } \chi_{e45} = 1 \text{ шт}$$

$$\chi_{e55} = \frac{18,84 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,506 \text{ приймаємо } \chi_{e55} = 1 \text{ шт}$$

$$\chi_{e65} = \frac{1,034 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,028 \text{ приймаємо } \chi_{e65} = 1 \text{ шт}$$

$$\chi_{e70} = \frac{10,3 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,277 \text{ приймаємо } \chi_{e70} = 1 \text{ шт}$$

$$\chi_{e85} = \frac{0,457 \cdot 3000}{1860 \cdot 60} = 0,012 \text{ приймаємо } \chi_{e85} = 1 \text{ шт}$$

Коефіцієнт завантаження по операціям визначаємо за формулою:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}} \quad (3.4)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів по операціям технологічного процесу;

$C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів по операціям технологічного процесу.

Всі розрахунки зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

№ оп	Найменуванн я операції	Модель верстату	$T_{шт},$ хв	C_p	$C_{пр},$ шт	$\Psi_e,$ осіб	K_3
1	2	3	4	5	6	7	8
015	Токарно- гвинторізна	МК53КС	4,145	0,055	1	1	0,055
035	Токарна з ЧПК	GA3300	14,137	0,188	1	1	0,188
045	Токарна з ЧПК	GA3300	2,116	0,028	1	1	0,028
055	Фрезерно- свердлильна з ЧПК	ГФ2171СФ5	18,84	0,251	1	1	0,251
065	Круглошліфу -вальна	3E153	1,034	0,014	1	1	0,014
070	Фрезерна з ЧПК	FYCR36	10,3	0,137	1	1	0,137
085	Токарна з ЧПК	GA3300	0,457	0,006	1	1	0,006
	Разом	-	-	0,680	7,0	7,0	0,097

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

В умовах виробництва можливі два варіанти технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі.

Перший варіант ТП розроблено з урахуванням принципу концентрації переходів.

Фрезерування контуру (оп.55) виконується на фрезерному верстаті моделі ГФ2171 та свердління отворів (оп.60) виконується на свердлильному верстаті моделі К-4 , тобто в різних операціях. Трудомісткість виготовлення деталі складає $T_1 = 20,45$ хв.

Другий варіант ТП розроблений з урахуванням принципу інтеграції переходів. Механічна обробка деталі відбувається на (оп.55) фрезерно – свердлильної операції з ЧПК моделі ГФ2171СФ5. Трудомісткість виготовлення деталі складає $T_2 = 18,84$ хв. Верстати ГФ2171СФ5 відрізняються високою продуктивністю, стабільністю точності параметрів, безпекою роботи та зручністю обслуговування. Завантаження та вивантаження деталей здійснюється шпинделем, встановленим на порталному супорті. Короткі шляхи переміщення робочих органів і компактне компонування дозволяють досягти максимально короткого допоміжного часу і, таким чином, знизити тривалість циклу обробки.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Варіанти ТП		
	Перший ТП		Другий ТП
Річна програма випуску, шт	45000		45000
Модель верстату	ГФ2171	К4	ГФ2171СФ5
Штучний час, хв	16,32	4,13	18,84
Розряд верстатника	3	4	4
Розряд наладчика	5	4	4
Число верстатів, що обслуговується за зміну: верстатником наладчиком	5	1	4
	3	1	3
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	37,85	39,46	39,46
Тарифна ставка наладчика, грн/год	42,17	39,46	39,46
Число змін	2		2
Оптова ціна верстату, грн	1732250	683880	3 800 000
Число верстатів, шт	5	1	4
Сервісний термін обслуговування верстату, років	6	10	10
Норма амортизаційних відрахувань, %	16,7	10	10
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	30	40	22

За вихідними даними, наведеними в табл.4.1, визначити найбільш економічний варіант механічної обробки деталей за технологічною собівартістю для двох варіантів технологічного процесу.

Кількість операцій O , що виконуються на робочому місці визначається по формулі:

$$O = \frac{\eta_{3H}}{\eta_{ef}} \quad (4.1)$$

де $\eta_{\text{эф}}$ – фактичний коефіцієнт завантаження верстату;

$\eta_{\text{зн}} = 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Результати розрахунків коефіцієнта закріплення операцій для першого і другого ТП занесені до таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій для першого ТП

№оп	Найменування	Тшт, хв	Ср	Р	$\eta_{\text{эф}}$	О	Кзоі
50	Фрезерна	16,32	4	8	0,815	0,985	0,985
60	Свердлильна	4,13	1	2	0,825	0,969	0,969
	Разом	20,45	5	10	–	1,954	0,65

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{\text{зоі}} = 1,954/2 = 0,977$. Отже, тип виробництва – масовий.

Таблиця 4.3 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій для другого ТП

№оп	Найменування	Тшт, хв	Ср	Р	$\eta_{\text{эф}}$	О	Кзоі	Модель верстата
55	Фрезерно- свердлильна	18,84	4	8	0,941	0,85	0,85	ГФ2171СФ5
	Разом	20,45	5	10	–	0,85	0,65	

4.1 Заробітна плата основних виробничих робітників

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} t_{\text{шт}i} \cdot C_{\text{тар}} \cdot K_{\text{б}} \cdot k_{\text{дон.}} \cdot k_{\text{соц.}}, \quad (4.2)$$

де $m_{\text{оп}}$ – кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{\text{шт}i}$ – норма штучного часу виконання i -ої операції, год;

$C_{\text{тар}}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника верстатника на операції, грн. [5, т.А.1, с.33];

$K_{\text{б}}$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника верстатника при багатOVERCLOCKING-верстатному обслуговуванні [5, т.2.1, с.13];

$k_{\text{дон.}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату [5, с.13];

$k_{\text{соц.}}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, [5, с.13].

Розрахунки по першому ТП:

$$Z_{0_в\ddot{u}др} = \sum_{i=1}^2 20,45 \cdot 38,11 \cdot 0,48 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 628,45 \text{ грн}$$

$$Z_{0_погод(Н)} = \frac{41,49 \cdot 2025 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{3000} = 141,15 \text{ грн}$$

Розрахунки по другому ТП:

$$Z_{0_погод} = \frac{39,46 \cdot 2028 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{3000} = 179,21 \text{ грн}$$

$$Z_{0_погод(Н)} = \frac{39,46 \cdot 2025 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{3000} = 134,24 \text{ грн}$$

Розрахунки по заробітній платі верстатників внесені в таблиці 4.4, 4.5.

Таблиця 4.4 - Заробітна плата верстатника за першим ТП

№ опер	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{\text{тар}}$, грн.	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$Z_{\text{о,грн.}}$
50	Фрезерна	16,32	39,46	1,2	1,4	628,45
60	Свердлильна	4,13	39,46	1,2	1,4	141,15

Таблиця 4.5 - Заробітна плата верстатника за другим ТП

№ опер	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{\text{тар}}$, грн.	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$Z_{\text{о,грн.}}$
55	Фрезерно-свердлильна	18,84	39,46	1,2	1,4	179,21

4.2 Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків)

Заробітна плата допоміжних робітників визначається по формулі:

$$Z_{\text{о_погод}} = \frac{C_{\text{тар}} \cdot \Phi_p \cdot Ч_n \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{соц}}}{N} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ - годинна тарифна ставка, грн. [5, т.А.1, с.33];

Φ_p - річний фонд часу одного, год [5, с.13];

$Ч_n$ - чисельність робітників відповідної категорії, чел.

$$Z_{\text{о_погод(Н)}} = \frac{39,46 \cdot 2025 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{3000} = 89,49 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{о_погод(Е)}} = \frac{42,17 \cdot 2025 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{3000} = 95,64 \text{ грн}$$

В таблицю 4.6. наведені розрахунки заробітної плати наладчиків.

Таблиця 4.6 - Заробітна плата наладчика за першим ТП

№ опер	Найменування операції	$C_{\text{тар}}$, грн.	Φ_p , год	Ч_n	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_{n,\text{грн.}}$
50	Фрезерна	39,46	2025	3	1,2	1,4	89,49

4.3 Амортизаційні відрахування на обладнання

Розраховуємо за формулою:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{100 \cdot F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (4.3)$$

де K_i - первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн;

H_{ai} - річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції;

t_{oi} - основний (машинний) час на i -ої операції, хв.;

F_d - дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (оснащення), год.

Для першого ТП:

$$A_{\text{відр}_1} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{1732250 \cdot 16,67 \cdot 16,32}{100 \cdot 4015 \cdot 60} = 19,56 \text{ грн}$$

$$A_{\text{відр}_2} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{683880 \cdot 10 \cdot 4,13}{100 \cdot 4015 \cdot 60} = 1,17 \text{ грн}$$

Для другого ТП:

$$A_{\text{відр}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{3800000 \cdot 16,67 \cdot 18,84}{100 \cdot 4015 \cdot 60} = 495,4 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на обладнання для обох ТП внесені в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.7 – Відрахування на амортизацію обладнання за першим ТП

№оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	На, %	Фд	Авід, грн
50	Фрезерна	16,32	1732250	16,67	4015	19,56
60	Свердлильна	4,13	683880	10	4015	1,17
	Разом	20,45		—	—	20,72

Таблиця 4.8 – Відрахування на амортизацію обладнання за другим ТП

№оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	На, %	Фд	Авід, грн
55	Фрезерно-свердлильна	18,84	3 800 000	16,67	4015	495,4

4.4 Витрати на технологічну електроенергію

Розраховуємо за формулою:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t_{\text{штк}}}{\eta \cdot k_B} \cdot \text{Ц}_e, \quad (4.4)$$

де N_B - встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,9, для решти обладнання - 0,8) [5, с.16];

$k_{\text{ч}}$ - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,7, для решти обладнання - 0,6) [5, с.16];

$k_{\text{од}}$ - середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 1, для решти обладнання - 0,6) [5, с.16];

k_w - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу (прийняти рівним 1,08) [5, с.16];

η - коефіцієнт корисної дії обладнання (початкові дані);

k_B - коефіцієнт виконання норм часу;

Ц_e - вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт×год).

Для першого ТП:

$$S_{e1} = \frac{30 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,08 \cdot 16,32}{0,9 \cdot 1,1} \cdot 3,45 = 9,94$$

$$S_{e2} = \frac{40 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,08 \cdot 4,13}{0,9 \cdot 1,1} \cdot 3,45 = 9,94$$

Для другого ТП

$$S_e = \frac{30 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,08 \cdot 18,84}{0,9 \cdot 1,1} \cdot 3,45 = 10,25$$

Витрати на силову електроенергію за першим і другим ТП зведені в таблицях 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на силову електроенергію за першим ТП

№оп	Найменування операції	Тшт, хв	Це, грн/кВт, год	Нв, кВт	k _N	k _ч	k _о д	k _W	η _о	k _а	Se
50	Фрезерна	16,32	3.45	30	0.8	0.6	0.6	1.08	0.9	1.1	9.94
60	Свердлильна	4,13	3.45	40	0.8	0.6	0.6	1.08	0.9	1.1	3.35
	Разом	20,45	—	—	—	—	—	—	—	—	13,29

Таблиця 4.10 – Витрати на силову електроенергію за другим ТП

№оп	Найменування операції	Тшт, хв	Цо, грн/кВт, год	Но, кВт	k _N	k _т	k _о д	k _W	η _о	k _а	Se
55	Фрезерно-свердлильна	18,84	3.45	30	0.8	0.6	0.6	1.08	0.9	1.1	10,25

4.5 Витрати на обслуговування та ремонт обладнання

Розраховуємо за формулою:

$$S_p = \frac{Ц_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N}, \quad (4.5)$$

де $Ц_{то}$ - залишкова вартість обладнання, грн.

K_p - коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду [5, с.16];

Результати витрати на ремонт та обслуговування обладнання відображені в таблицях 4.11, 4.12.

Таблиця 4.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за першим ТП

№оп	Найменування операції операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p
50	Фрезерна	0,03	3,26	3,76
60	Свердлильна	0,03	0,825	0,376
	Разом	–	–	4,136

Таблиця 4.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за другим ТП

№оп	Найменування операції операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p
55	Фрезерно-свердлильна	0,03	3,764	9,53

Інші загальновиробничі витрати розраховуються по формулі:

$$I_n = 3_o \cdot k_{заг} \quad (4.5)$$

$$I_{н1} = 628,45 \cdot 0,2 = 125,69 \text{ грн}$$

$$I_{н2} = 11,95 \cdot 0,2 = 2,39 \text{ грн}$$

Таблиця 4.13 – Розрахунок елементів технологічної собівартості

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Заробітна плата верстатника	Зо	628,45	179,21
Заробітна плата наладчика	Зн	141,15	134,24
Відрахування на амортизацію	А від	20,72	495,4
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	Sp	4,136	9,53
Витрати на налаштування інструменту	Сін	-	10,56
Витрати на електроенергію	Se	13,29	10,25
Витрати інші	Ін	125,69	2,39
Технологічна собівартість	Ст	980,49	841,58

Умовний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_{yp} = (C_1 - C_2) \cdot N,$$

$$E_{yp} = (980,49 - 841,58) \cdot 3000 = 416730 \text{ грн}$$

Отже, в результаті впровадження другого технологічного процесу за розрахунками щодо собівартості, річна економія може складати 416 730 грн. Це підтверджує ефективність запропонованої технологічної інновації.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці та освітлення робочих місць на заводі є важливими аспектами забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Освітлення робочих місць має значний вплив на зорову активність, продуктивність та загальний комфорт працівників.

Освітлення має відповідати низці гігієнічних вимог: бути достатнім, рівномірним, не повинне засліплювати очі, створювати зайву контрастність на робочій поверхні.

Система загального освітлення призначена для освітлення всього приміщення, вона може бути рівномірною та локалізованою. Загальне рівномірне освітлення встановлюють у цехах, де виконуються однотипні роботи невисокої точності по усій площі приміщення при великій щільності робочих місць. Загальне локалізоване освітлення встановлюють на поточних лініях, при виконанні робіт, різноманітних за характером, на певних робочих місцях, при наявності стаціонарного затемнюючого обладнання, та якщо треба створити спрямованість світлового потоку.

Освітлення буває природним, штучним і спільним: найбільш сприятливе для організму - природне освітлення.

Спільне висвітлення - це освітлення, при якому одночасно використовуються природне та штучне світло.

Норми природного освітлення приміщень установлюються з урахуванням обов'язкового очищення скла: для приміщень із незначними виділеннями пилу, диму й кіптяви - не рідше двох разів на рік.

Аварійне освітлення призначене для часткового продовження робіт і евакуації людей при раптовому відключенні або виході з ладу робочого освітлення. Таке освітлення повинне мати незалежне джерело електроенергії.

Основні принципи охорони праці щодо освітлення робочих місць на заводі включають:

- a) Відповідність нормативам: Освітлення повинно відповідати вимогам нормативних актів, які встановлюють мінімальні рівні освітленості для різних типів робочих місць. Наприклад, є спеціальні норми для офісних приміщень, виробничих цехів тощо.
- b) Рівномірність освітлення: Освітлення має бути розподілено рівномірно по всій робочій зоні, щоб уникнути тіней, сліпучих плям та переходів з сильного освітлення на слабке.
- c) Зменшення блискітності: Джерела освітлення повинні бути розташовані таким чином, щоб уникнути блискітності на робочих поверхнях та екранах комп'ютерів, що може негативно впливати на зір.
- d) Достатність освітлення: Робочі місця повинні бути достатньо освітлені, щоб працівники могли виконувати свої обов'язки без напруження зору.
- e) Колірна температура: Вибір правильної колірної температури джерела освітлення (теплий білий, нейтральний білий або холодний білий) може впливати на настрій та продуктивність працівників.
- f) Запобігання втомі ока: Періодичні перерви, використання антиблікових покриттів на моніторах комп'ютерів та використання правильних типів джерел освітлення (наприклад, світлодіодні лампи з низьким мерехтінням) можуть допомогти у запобіганні втомі ока.

Крім того, важливо проводити регулярну перевірку та обслуговування систем освітлення, щоб забезпечити їх надійність та ефективність. Також варто навчати працівників правилам користування освітленням та сприяти свідомому ставленню до охорони праці в цілому.

Важливо звернутися до місцевих законодавчих актів та нормативних документів щодо безпеки праці для отримання конкретних вимог і рекомендацій щодо охорони праці та освітлення робочих місць на заводі в вашій місцевості.

Для забезпечення відповідності вимогам безпеки праці рекомендується провести професійний аудит освітлення на заводі. Такий аудит може

включати оцінку інтенсивності освітлення, виявлення можливих проблем з рівномірністю та відблисками, а також перевірку дотримання нормативних вимог.

Важливо також пам'ятати, що конкретні вимоги до освітлення на заводі можуть варіюватися залежно від географічного регіону, галузі діяльності та внутрішніх політик підприємства. Рекомендується звернутись до місцевих органів охорони праці або спеціалістів з питань безпеки праці для отримання конкретної інформації та порад щодо освітлення робочих місць на вашому заводі.

ВИСНОВКИ

В ході дипломного проекту був удосконалений заводський варіант технологічного процесу деталі корпус.

Деталь корпус виготовляється із нержавіючої сталі марки 14X17H2 виконаної по ГОСТ 1133-71. Деталь є технологічною, коефіцієнт технологічності склав 0,825.

Замінений спосіб отримання заготовки з штампування на молотах та штампування на ГKM, що дозволило збільшити коефіцієнт використання матеріалу з 0,161 до 0,185.

Удосконалення технологічного процесу відбувається за рахунок суміщення операцій: 050 фрезерна, 060 свердлильна та 080 різьбонарізна в одну операцію 055 фрезерно-свердлильну з ЧПК. Технологічне обладнання фрезерний з ЧПК моделі ГФ2171СФ5.

На операцію 055 фрезерно-свердлильна з ЧПК, розроблена керуюча програма, траєкторія обробки інструменту в програмному модулі Siemens.NX

В результаті проведеного розрахунку статичної міцності було встановлено, що задана деталь має напружено-деформований стан. При прикладенні заданого осьового зусилля до деталі не спостерігається напружень, які перевищували би межу плинності матеріалу та викликали б пластичні деформації.

Для зменшення часу на встановлення та закріплення деталі на фрезерно-свердлильній операції з ЧПК 055 було спроектоване пневматичне пристосування, яке працює на подачі стислого повітря. Робочий тиск в системі 0,4...0,6 МПа.

Для перевірки виконання технічних вимог спроектований контрольний пристрій (биття торця відносно бази Б).

В процесі були виконані розрахунки трудомісткості приведеного випуску, розміру партії, кількості обладнання, кількості працюючих на дільниці (основних та допоміжних).

В розділі економічних розрахунків було здійснено планування фонду оплати праці для працівників та розрахунок економічної ефективності від впровадження організаційно-технічних заходів. За результатами розрахунків, економічний ефект склав 416 730 грн на партію, яка складає 3000 одиниць.

Всі заходи від впровадження організаційно-технічних заходів дозволяють отримати економічний ефект та доцільно використати на виробництві.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ПРЕЙСКУРАНТ для техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальної технології виробництва заготовок при виконанні розрахунково-графічних та контрольних завдань для студентів спеціальностей: 131 «Прикладна механіка», 132 «Матеріалознавство», 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», денної і заочної форми навчання.

2. Довідник технолога – машинобудівника під ред.. А.Г. Косілової, Р.К. Мещерякова. – М.: Машинобудування, 1985.т.1 – 655с.

3. А.Ф. Горбацевич «Курсовое проектирование по технологии машиностроения», 1983 г.

4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.

5. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 - 43 с.

6. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та

системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.

7. Методичні вказівки з оформлення технологічної документації в курсових проектах та магістерських роботах для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" усіх форм навчання / Укл.:В.О. Логомінов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 70 с.

8. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту бакалавра для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. Гончар Н.В., Дядя С.І., Козлова О.Б. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021 – 33 с.

9. Прогресивні різальні інструменти та режими різання металів: Довідник/В.І. Баранчиков, А.В. Жарінов, Н.Д. Юдіна та ін., за заг. ред. В.І. Баранчікова. - М.: Машинобудування, 1990. - 400 с.

10. Н.А. Силантьев и др. «Техническое нормирование труда в машиностроении», 1990 г.

11. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов Станочные приспособления, Монография. – г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2000г.- 461 с.

12. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / укл.: Е.В. Вишнепольський, О.Б. Козлова – Запоріжжя: НУЗП, 2020. – 70 с.

Додаток А. Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1			НУЗП293222.005СК	Складальне креслення		
				<u>Документація</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Пневмоциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	293222.005.02	Плита	1	
		3	293222.005.03	Стойка	1	
		4	293222.005.04	Планка	1	
		5	293222.005.05	Важіль	1	
		6	293222.005.06	Вісь	2	
		7	293222.005.07	Плита	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8		Винт М5-6dх25.109	3	
				ГОСТ 14.91-80		
		9		Винт М8-6dх20.109	4	
				ГОСТ 14.91-80		
		10		Винт М10-6dх45	4	
				ГОСТ 14.91-80		
		11		Винт 7006-1211	2	
				ГОСТ 9052-69		
НУЗП293222.005						
Инв.№ подл	Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	
	Розроб.		Жос О.М.			
	Перевір.		Тришин П.Р.			
	Н.контр.		Дядя С.І.			
	Утв.		Дядя С.І.			
				Робочий пристрій		Лит.
						Лист
						Листів
						9
						1
						2
						НУЗП гр.М 110сн

[illegible]

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2

[illegible]

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2

Людн																
Взам																
Подл																
										НУЗП 02.14.123.005		Листів 4		Лист 4		
				НУЗП		НУЗП 714654.005				М-110стп 10.14.1000000						
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код найменування операції	Позначення документа										
Б	Код найменування обладнання					СМ	Проф	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
А 01				095	0210 Контрольна							ЮП № 0019				
Б 02					Стіл контролера	2	13977	1	1	1	1		59	1		
03																
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
МК																

ГОСТ 3.1105-84										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
						НУЗП 02.14.123.005		Листів 3	Лист 1	
Розробив	Жос О.М.		НУЗП		НУЗП 714654.005		М-110сп 60.14.100055			
Перевірив	Тришин П.Р.									
Н.контр.	Дядя С.І.		Корпус					Цех 5	Діл. 2	
								Р.М. 1	Опер. 055	
Найменування операції		Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль та розміри		МЗ	
Фрезерно-свердильна з ЧПК		Сталь 14Х17Н2		29...38,5 HRC	1	0,16	φ62,4x63,5		0,864	
Обладнання пристрої ЧПК		Позначення програми		T _о	T _{доп}	T _{пз}	T _{шт-к}	30ТС		
Фрезерний з ЧПК моделі ГФ2171СФ5		-		14,651	2,17	19	18,84	5% р-р емульсора ГОСТ 1975-75		
				П	D или B	L	t	i	S	
				n						V
001	1. Встановити, закріпити, зняти і відкласти									
002	Пристрій пневматичний спеціальний									
03										
004	2. Центрувати отвори по програмі, витримуючи розміри 1, 6									
005	ДІ: Блок інструментальний									
06	РІ: Свердло 2317-0101 Р6М5 ГОСТ 10902-77									
007	01 3 3 1,5 1 0,05 400 3,8									
008	3. Свердлити три отвори по програмі, витримуючи розміри 1									
009	ДІ: Блок інструментальний									
10	РІ: Свердло 2300-5506 Р6М5 ГОСТ 4010-77									
011	05 16 120 2,5 1 0,1 315 15,8									
12	06 5 112 2,5 1 0,05 400 6,28									
13										
ОК	Операційна карта									

										ГОСТ 3.1105-84							
Діагн.																	
Взам.																	
Подл.																	
										НУЗП 02.14.123.005			Лист 2				
										НУЗП 714.654.005		М-110сп 60.14.1.00055		Опер 055			
Р										П	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	4. Зенкерувати три отвори по програмі, витримуючи розміри 1																
Т02	ДІ: Блок інструментальний																
03	РІ: Зенкер спеціальний Р6М5																
Р04																	
005	5. Розгорнути три отвори по програмі, витримуючи розміри 1																
Т06	ДІ: Блок інструментальний																
07	РІ: Зенкер спеціальний Р6М5																
Р08										07	15	3,5	0,5	1	0,1	315	14,8
009	6. Фрезерувати контур по програмі, витримуючи розміри 3, 4, 5, 6																
Т10	ДІ: Блок інструментальний																
11	РІ: Фреза 2220-0017 Р6М5 ГОСТ 17025-71																
Р12																	
013	7. Свердлити три отвори по програмі, витримуючи розміри 2																
Т14	ДІ: Блок інструментальний																
15	РІ: Зенкер спеціальний Р6М5																
Р16																	
17																	
18																	
ОК		Операційна карта															

										ГОСТ 3.1105-84							
Діагн.																	
Взам.																	
Подл.																	
										НЧЗП 02.14.123.005			Лист 3				
										НЧЗП 714.654.005		М-110сн 60.14.1.00055	Опер 055				
Р										П	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	8. Зенкувати шість отворів по програмі, витримуючи розміри 1, 2																
002	ДІ: Блок інструментальний																
003	РІ: Зенковка з канічним хвостовиком, $\phi 15$, Р6М5 спеціальна																
004																	
005	9. Нарізати різьду в трьох отворів по програмі, витримуючи розміри 1, 2																
006	ДІ: Блок інструментальний																
007	РІ: Мітчик машинний, М6, Р6М5 ГОСТ 24.705-81																
008																	
009	10. Перевірити розміри 1,2,3,4,5,6 згідно норм. контролю																
010	ЗВ: Штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-89;																
11	Калібр-пробка 8133-0914 ГОСТ 14.810-69; Калібр-пробка спеціальна 14.810-69; Калібр-пробка 8133-0915 ГОСТ 14.810-69;																
12	Калібр скоба спеціальна ГОСТ 18.355-73; Шаблон радіусний 9 спеціальний; Шаблон радіусний 6 спеціальний; Шаблон для фасок 4.5 спеціальний																
13	Калібр різьбовий М6х1																
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
ОК		Операційна карта															

ГОСТ 3.1105-84									
Дубл.									
Взам.									
Подл.									
						НУЗП 02.14.123.005		Листів 1	Лист 1
Розробив	Жос О.М.		НУЗП		НУЗП 714654.005		М-110сн 60.14.100065		
Перевірив	Тришин П.Р.								
Н.контр.	Дядя С.І.		Корпус					Цех 5	Діл. 2
								Р.М. 1	Опер. 065
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль та розміри	
4.131 Круглошліфувальна		Сталь 14Х17Н2		29...38,5 HRC		1	0,16	φ62,4х63,5	
Обладнання пристрої ЧПК		Позначення програми		T _о	T _{доп}	T _{пз}	T _{шт-к}	30ТС	
Круглошліфувальний моделі ЗЕ153		-		0,62	0,32	21	1,034	5% р-р емульсіона ГОСТ 1975-75	
				П	D или B	L	t	i	S
				n					
				V					
001	1. Встановити, закріпити, зняти і відкласти								
t y=0,22									
T02	Пристрій спеціальний								
03									
004	2. Шліфувати поверхонь витримуючи розмір 1, 2								
T05	ДІ: Блок інструментальний								
06	РІ: Шліфувальний круг ПП4-00х40х127 24AF60СМ1 ГОСТ 2424-83								
P07	01 29,97 35 0,02 3 0,05 120 35								
008	3. Перевірити розміри 1,2 згідно норм. контролю								
T09	ЗВ: Кадр скоба 8113-0122 ГОСТ 14789-73;								
10	XXXXXX Шаблон радіусний 0,8 спеціальний;								
11	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-80.								
12									
13									
ОК	Операційна карта								

ГОСТ 3.1105-84									
Дубл.									
Взам.									
Подл.									
						НУЗП 02.14.123.005		Листів 1	Лист 1
Розробив	Жос О.М.		НУЗП		НУЗП 714654.005		М-110сп 60.14.1.00080		
Перевірив	Тришин П.Р.								
Н.контр.	Дядя С.І.		Корпус					Цех 5	Діл. 2
								Р.М. 1	Опер. 080
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль та розміри	
4.233 Токарна з ЧПК		Сталь 14Х17Н2		29...38,5 HRC		1	0,16	φ62,4х63,5	
Обладнання пристрої ЧПК		Позначення програми		T _о	T _{доп}	T _{пз}	T _{шт-к}	30ТС	
Токарний з ЧПК моделі GA3300		-		0,3	0,12	24	0,457	5% р-р емульсіона ГОСТ 1975-75	
				П	D или B	L	t	i	S
				n					
				V					
001	1. Встановити, закріпити, зняти і відкласти								
T02	Патрон трьохкулачковий 7100-0016 ГОСТ 2675-80								
03									
004	2. Точити по програмі, витримуючи розміри 1								
T05	ДІ: Блок інструментальний								
06	РІ: Різець 2103-0072 ВК8 ГОСТ 18879-73								
P07	01 27,5 10 0,5 1 0,1 400 70,3								
008	3. Перевірити розміри 1 згідно норм. контролю								
T09	ЗВ: Шаблон 16 спеціальний;								
10	XXXXXX Шаблон 17 спеціальний;								
11	Шаблон радіусний 2,8 спеціальний.								
12									
13									
ОК	Операційна карта								