

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технології машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки деталей датчика крутного моменту»

Виконав: студент(ка) // курсу, групи Мз-119м

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

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Шевцова Г. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Степанов Д. М.

(прізвище та ініціали)

2020

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

Інститут, факультет _____ Машинобудівний _____
 Кафедра _____ Технології машинобудування _____
 Ступінь вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
 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 ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

_____ Шевцової Ганни Анатоліївни _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) _____ Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки деталей датчика крутного моменту _____

керівник проєкту (роботи) _____ Гончар Н.В., доцент _____,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » 12 20 20 року № 369

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____ 15.12.2020 р. _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) _____ робоче креслення деталі; _____
 _____ річна програма випуску N=1500 шт _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; _____
 _____ 3 Розрахунок деталі на міцність; 4 Автоматизація слюсарних робіт _____
 _____ за допомогою віброгалтовки; 5 Спеціальне завдання. Підвищення якості та _____
 _____ продуктивності слюсарної обробки за допомогою віброгалтовки ; 6 Оцінка _____
 _____ очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці та безпека _____
 _____ в надзвичайних ситуаціях _____

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 проектування _____
 _____ операцій в модулі NX CAM; креслення робочого та контрольного _____
 _____ пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі _____
 _____ на міцність; лист автоматизації та листи до спецзавдання _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	доцент Гончар Н.В.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Гермашев А.І.		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	23.09.2020	
2	Конструкторська частина	07.10.2020	
3	Розрахунок деталі на міцність	13.10.2020	
4	Автоматизація слюсарних робіт за допомогою віброгалтовки	21.10.2020	
5	Спецзавдання. Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки за допомогою віброгалтовки	04.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	11.11.2020	
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки	25.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія	02.12.2020	
10	Захист дипломного проекту	10.12.2020	

Студент(ка)

_____ Шевцова Г.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Гончар Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 130 с., 48 рис., 11 табл., 6 дод., 33 джерела.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДЕТАЛЬ, ДРОБОСТРУМЕНЕВА ОБРОБКА, ЗАГОТОВКА, КОРПУС, МІЦНІСТЬ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РОЗРАХУНОК, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЧПУ.

Об'єкт дослідження – корпус датчика-вимірювача крутного моменту, що кріпиться до корпусу переднього редуктора і приймає крутний момент від повітряного гвинта.

Метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу обробки корпусу датчика-вимірювача крутного моменту та підвищення якості і продуктивності його слюсарної обробки.

Методи дослідження: розрахунково-аналітичний, комп'ютерне моделювання навантаження корпусу, комп'ютерна симуляція етапів механічної обробки досліджуваної деталі.

В магістерській роботі спроектовано вдосконалений технологічний процес обробки деталі «корпус» за рахунок зміни способу виготовлення заготовки та об'єднання операцій, обрано обладнання та інструмент, розраховано режими різання та норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, автоматизована дробоструменева обробка для максимальної продуктивності і безпеки та розглянуті усі переваги віброгалтовки як виду фінішної обробки, передбачені заходи для безпечної роботи працівників.

ЗМІСТ

Реферат	4
Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	24
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	26
1.6 Розрахунок режимів різання.....	31
1.7 Технічне нормування операцій	49
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ	54
1.8.1 Розробка токарної операції 025	54
1.8.2 Розробка фрезерної операції 040.....	56
1.8.3 Розробка свердлильної операції 050	58
2 Конструкторська частина	61
2.1 Проектування робочого пристрою	61
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	61
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	63
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	64
2.2 Проектування контрольного пристосування	68
3 Розрахунок деталі на міцність	73

3.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	73
3.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції	78
3.3 Оптимізація геометрії деталі	81
4 Автоматизація слюсарних робіт за допомогою віброгалтовки	82
5 Спеціальне завдання. Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки за допомогою віброгалтовки	85
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів.....	93
7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	99
Висновок.....	103
Перелік джерел посилання	104
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	107
Додаток Б. Специфікація контрольного приладу.....	109
Додаток В. Заходи по забезпеченню безпеки.....	110
Перелік джерел посилання додатку В.....	113
Додаток Г. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	114
Перелік джерел посилання додатку Г.....	119
Додаток Д. Заходи з пожежної безпеки.....	120
Перелік джерел посилання додатку Д.....	122
Додаток Е. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях. Аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах.....	123
Перелік джерел посилання додатку Е.....	130

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП	Кривошипно-гарячештамповочний прес
ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
КВП	Контрольно-вимірювальні прилади
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОР	Змащувально-охолоджувальна рідина
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
ХТО	Хіміко–термічна обробка
ТП	Технологічний процес
НДС	Напружено–деформований стан

ВСТУП

У магістерській дипломній роботі з теми «Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки деталей датчика крутного моменту» проектується технологічний процес обробки деталі «корпус» в умовах серійного виробництва.

Метою проектування є впровадження більш досконалого устаткування, методів техніко-економічного аналізу, розробка технологічного забезпечення та підвищення якості виробу з мінімальною собівартістю.

Технологія машинобудування – це область науки, яка вивчає і встановлює закономірності, які діють в процесі виготовлення машин. Знання цих закономірностей необхідне для створення нових деталей за допомогою систем автоматизованого проектування.

Технологія будування авіаційних двигунів розглядає ті ж питання з врахуванням особливості конструкції виробів, вимог щодо їх надійності та умов експлуатації виробів. Основними напрямками є розробка економічних технологій (з малими витратами часу і матеріалів на виробництво, розробка безперервних технологій автоматизованих з малою участю робітників), розробка екологічно чистих технологій без відходів.

Усі ці заходи допомагають підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, зменшують витрату матеріалу, витрати на інструмент, збільшують кількість і підвищують якість продукції, зменшують собівартість, збільшують рівень виробництва і продуктивності процесу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Корпус» (рис. 1.1) є складовою частиною датчика–вимірювача. Датчик вимірює крутний момент. Кріпиться до корпусу переднього редуктора. Приймає крутний момент від повітряного гвинта. Зазвичай таких датчиків встановлюють декілька.

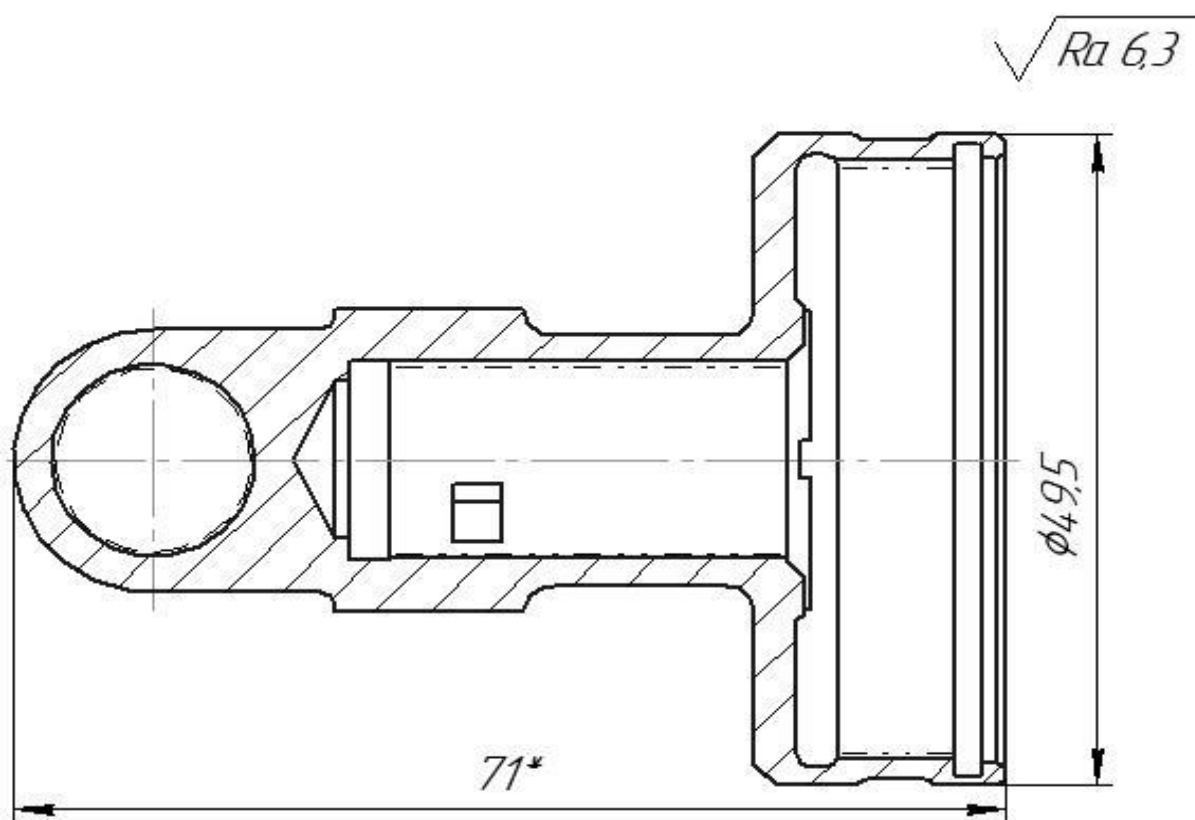


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі.

Хімічний склад сталі, з якої виготовлена деталь, наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 12Х2Н4А–Ш ГОСТ 1133-71

Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,17–0,37	0,3–0,6	3,25–3,65	до 0,025	до 0,025	1,25–1,65	до 0,3	~93

Питома вага: 7840 кг/м^3 .

Температура кування, °C: спочатку 1220, вкінці 800. Переріз до 100 мм охолоджується на повітрі, 101-300 мм - в ямі.

Твердість матеріалу: $\text{HB } 10^{-1} = 269 \text{ МПа}$.

Температура критичних точок: $A_{c1} = 745$, $A_{c3}(A_{cm}) = 800$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 675$, $A_{r1} = 625$, $M_n = 438$.

Оброблюваність різанням: $\text{HB } 183-187$, $K_{v \text{ тв. спл}} = 1,26$ та $K_{v \text{ б.ст}} = 0,96$.

Зварюваність матеріалу: обмежено зварювана. Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом.

Схильність до відпускнуї крихкості: схильна.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Попередньо тип виробництва загалом визначаємо за [3, с. 22], виходячи з річної програми випуску $N = 1500$ деталей на рік і маси оброблюваної деталі $m = 0,15 \text{ кг}$, – серійний.

Остаточню тип виробництва зазвичай підтверджують в кінці проектування ТП за коефіцієнтом закріплення операцій.

Партія деталей, які періодично заходять в обробку у виробництво одночасно, дорівнює 30 деталей раз на тиждень, враховуючи 5-денний робочий тиждень (за формулою (1.42) пункта 1.7).

Форму організації виробництва для обробки даної деталі та інших деталей схожого типорозміру обираємо змінно-потоккову.

Серійне виробництво можна охарактеризувати випуском партіями однорідної продукції протягом встановленого періоду часу, а також виготовленням обмеженого асортименту продукції. Партії (серії) виробів повторюються через певні проміжки часу.

У серійному виробництві спеціалізують окремі робочі місця для виконання подібних технологічних операцій. А тому собівартість продукції знижується за рахунок спеціалізації робочих місць, ефективного використання устаткування і виробничих площ, широкого застосування праці робітників середньої кваліфікації [1].

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Порівнюються два методи отримання штампованих заготовок: КГШП (кривошипно-гарячештампочний прес) та ГKM (горизонтально-кувальна машина).

Деталь: Корпус.

Матеріал: Сталь 12Х2Н4А–Ш.

Спосіб отримання: КГШП (заготовка – рис.1.2).

Невказані радіуси 2-5 мм.

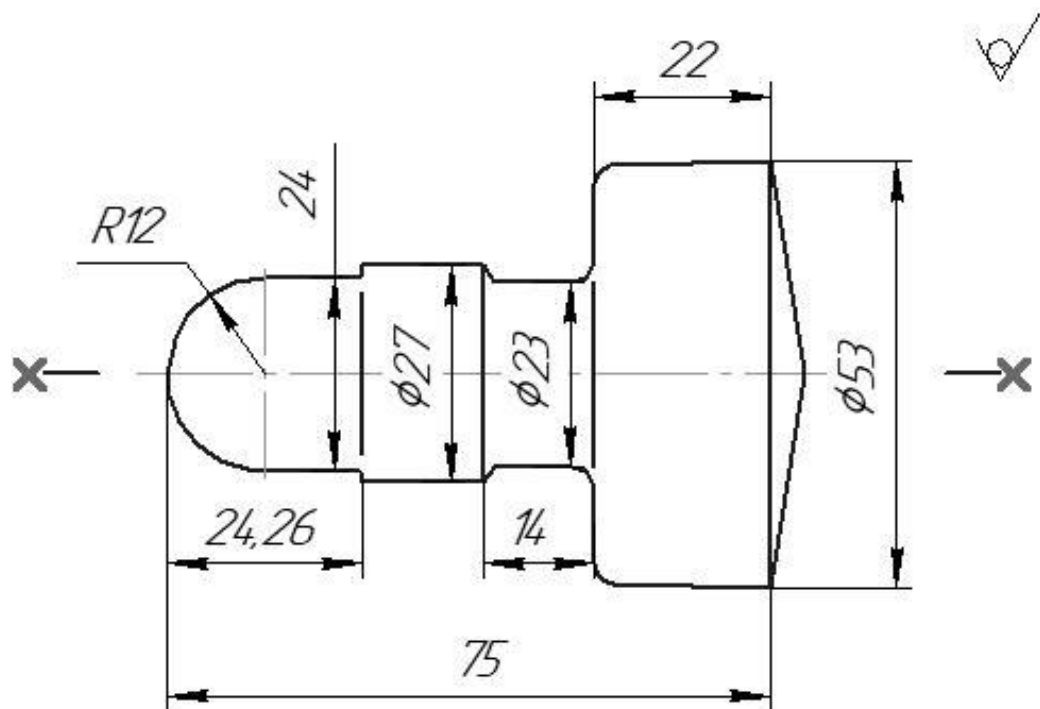


Рисунок 1.2 - Ескіз гарячештампованої заготовки.

Масу заготовки було визначено за допомогою програмного забезпечення Siemens NX 12.0 (рис.1.3).

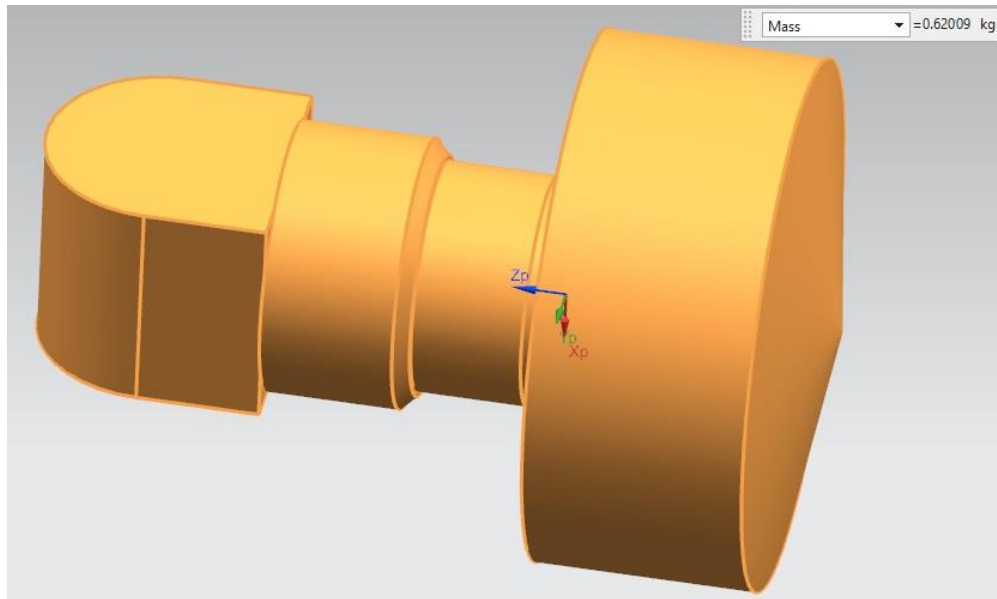


Рисунок 1.3 – Модель гарячештампованої заготовки.

Маса гарячештампованої заготовки $m_3 = 0,55$ кг.

Деталь: Корпус.

Матеріал деталі: сталь 12Х2Н4А-Ш.

Спосіб отримання: ГKM (заготовка – рис.1.4).

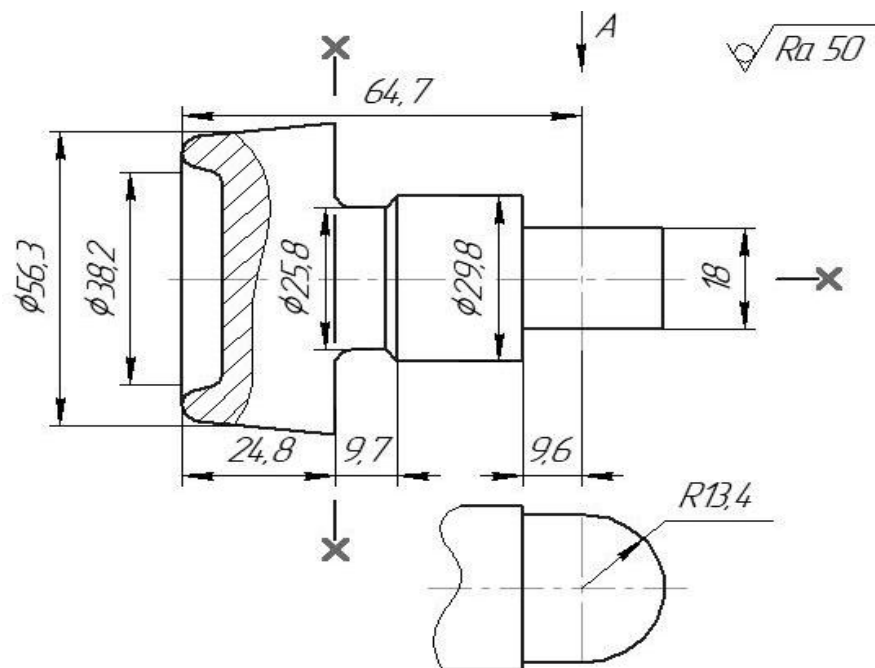


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, виготовленої на ГKM.

Масу заготовки було визначено за допомогою програмного забезпечення Siemens NX 12.0 (рис.1.5).

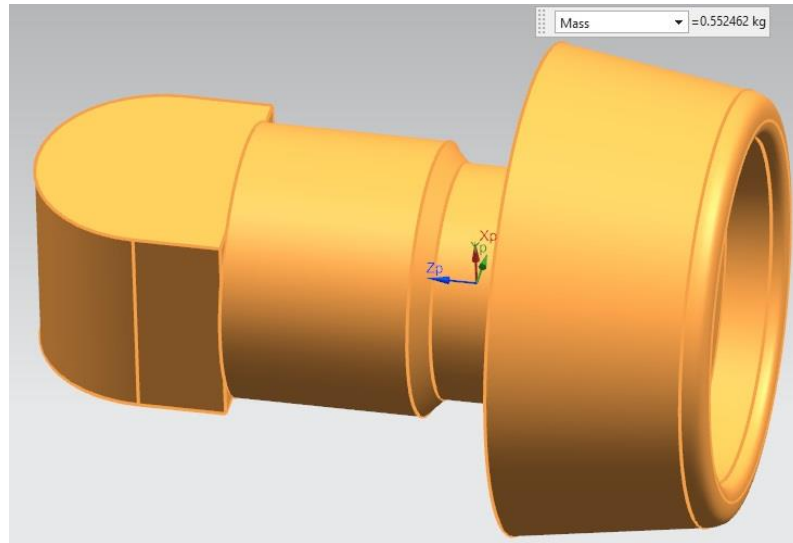


Рисунок 1.5 – Модель заготовки, виготовленої на ГKM

Розраховуємо вартість однієї заготовки, отриманої одним зі способів за формулою (1.1) [1]:

- КГШП (штамповка):

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{B_{\text{отх}}}{1000} \quad (1.1)$$

де Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, кг;

B_6 – базова вартість виготовлення 1 т заготовок, грн;

K_T – коефіцієнт врахування точності заготовки;

K_M – коефіцієнт врахування матеріалу заготовки;

K_C – коефіцієнт врахування групи складності виготовлення заготовки;

K_3 – коефіцієнт врахування маси заготовки;

K_{Π} – коефіцієнт врахування програми випуску заготовок.

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,62 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 0,77 \cdot 1,29 \cdot 1 - (0,62 - 0,15) \frac{140}{1000} = 2,3 \text{ грн.}$$

- ГKM:

$$B_{\pi} = \frac{3150}{1000} \cdot 0,55 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 0,77 \cdot 1,29 \cdot 1 - (0,55 - 0,15) \cdot \frac{140}{1000} = 1,83 \text{ грн.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу (KBM) за формулою (1.2):

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

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

- KГШП:

$$\eta_{\text{KГШП}} = \frac{0,15}{0,62} = 0,24$$

- ГKM:

$$\eta_{\text{OF}} = \frac{0,15}{0,55} = 0,27$$

Результати розрахунків були занесені до табл.1.2.

При порівнянні двох вищенаведених способів отримання заготовок, заготовка виготовлена за допомогою ГKM виявилася дешевшою від KГШП, також коефіцієнт використання матеріалу її був вищий, тому виготовлення заготовки на ГKM є більш доцільним.

Таблиця 1.2 – Порівняльні показники за варіантами

Показник	Познач.	Один. виміру	Варіант	
			КГШП	ГКМ
Маса заготовки	Q	кг	0,62	0,55
Базова варт. 1т заготовок	Сб	грн	3500	3150
Коефіцієнти	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1,22	1,22
	K_B	-	0,77	0,77
	K_n	-	1,29	1,29
	K_C	-	1	1
Варт. 1т стружки	$S_{отх}$	грн	140	140
Варт. 1шт. загот.	С	грн	2,300896	1,83354
КВМ	η_1	-	0,241935	0,272727

Далі розраховано річне заощадження за вартістю виготовлення заготовок, [1]:

$$E_B = (B_1 - B_2) \Pi \quad (1.3)$$

де B_1 – вартість однієї тони заготовок, виготовлених на КГШП, грн.;

B_2 – вартість однієї тони заготовок, виготовлених на ГКМ, грн;

Π – річна програма випуску заготовок, шт.

$$E_B = (2,3 - 1,83) \cdot 1500 = 701 \text{ грн.}$$

Також розраховано річне заощадження матеріалу, [1]:

$$M = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \eta_2} \cdot \Pi \quad (1.4)$$

$$M = \frac{0,15(0,27 - 0,24)}{0,24 \cdot 0,27} \cdot 1500 = 105 \text{ кг}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність властивостей конструкції виробу, які проявляються у можливості оптимальних витрат праці, матеріалів, коштів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні необхідних значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту. До умов виготовлення або ремонту виробу відносять тип виробництва, його організацію та спеціалізацію, річну програму і повторюваність випуску, а також застосовані технологічні процеси.

Якісна оцінка технологічності є попередньою, узагальненою та характеризується показаннями: «краще - гірше», «технологічно - не технологічно», «рекомендується - не рекомендується», тощо. Технологічною при якісній оцінці вважають таку геометричну конфігурацію деталі та окремих її елементів, при якій враховані можливості мінімальної витрати матеріалу і використання найбільш продуктивних і економічних для певного типу виробництва методів виготовлення [1]. У зв'язку з цим креслення деталі аналізують з точки зору:

- ступеня уніфікації геометричних елементів (довжин, діаметрів, різьб, модулів, радіусів переходу і т.д.) в конструкції;
- наявності зручних базуючих поверхонь, які забезпечують можливість суміщення та сталості баз;
- можливості вільного підведення і виведення ріжучого інструменту при обробці;
- зручності контролю найточніших параметрів деталі;
- можливості зменшення протяжності точних оброблюваних поверхонь;

- відповідності форми дна отворів кінцю стандартного інструменту для його обробки (свердла, зенкера, розгортки) тощо.

Коефіцієнт використання матеріалу в галузевому машинобудуванні повинен дорівнювати $\eta \geq 0,8$. Дана деталь має КВМ $\eta = 0,27$, саме тому деталь оцінюється не технологічною.

Кількісна оцінка визначається за коефіцієнтами за формулою [1]:

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ун}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} \quad (1.5)$$

де $K_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності;

$K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_{\text{ун}} = \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\Sigma}} \quad (1.6)$$

де $n_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікації;

n_{Σ} – загальна кількість деталей.

Коефіцієнт точності визначається за формулою [1]:

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} \quad (1.7)$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності визначається за формулою:

$$A_{\text{ср}} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\Sigma n} \quad (1.8)$$

де $n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

Σn – кількість усіх розмірів.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою [1]:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}} > 0,6 \quad (1.9)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;

B_{cp} – середній квалітет шорсткості, який визначається за формулою:

$$B_{cp} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\sum_n} \quad (1.10)$$

де $K_{4...7}$ – клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості;

$\sum_n$ – кількість усіх розмірів.

Було виконано якісну оцінку (рис.1.6):

- деталь має геометричну форму середньої складності, відноситься до класу корпусів;
- деталь тонкостінна;
- деталь габаритна;
- деталь нормальної точності;
- уніфіковані елементи: фаски, радіуси;
- деталь можна обробляти стандартним інструментом;
- всі поверхні доступні до обробки.

Було виконано кількісну оцінку.

Всі одержані дані занесені до табл.1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз деталі на технологічність

№розм	Розміри	Квалітет	Шорсткість	Уніфікація
1	2	3	4	5
діаметральні				
1	Ø 23	h 12	6,3/6	+
2	Ø 15,2	H12	6,3/6	+
3	Ø 12 ^{+0,27}	H13	6,3/6	–
4	Ø 15 ^{+0,018}	H7	0,4/8	+
5	Ø 19	h12	6,3/6	+

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
6	$\varnothing 49,5_{-0,1}$	h10	3,2/5	+
7	$\varnothing 48$	h12	6,3/6	+
8	$\varnothing 46$	H12	6,3/6	+
9	$\varnothing 45^{+0,025}$	H8	0,4/8	—
10	$\varnothing 45,5^{+0,16}$	H11	3,2/5	+
11	$\varnothing 47,5^{+0,16}$	H11	3,2/5	+
12	$\varnothing 24$	H12	6,3/6	—
13	$\varnothing 15^{-0,006}_{-0,017}$	g6	0,8/7	+
лінійні				
14	20	h11	6,3/6	+
15	R10 $\pm$ 0,29	js15	6,3/6	+
16	48	h12	6,3/6	+
17	47	H12	6,3/6	+
18	16,5	H12	6,3/6	+
19	18	h12	6,3/6	+
20	R 2,5	h12	6,3/6	+
21	15	H12	6,3/6	—
22	0,8	h12	6,3/6	—
23	1,0	h12	6,3/6	+
1	2	3	4	5
24	11,7 $^{+0,18}$	h13	6,3/6	—
25	47,5 $\pm$ 0,125	js 12	6,3/6	—
26	61	h12	6,3/6	+
27	25,6 $\pm$ 0,1	JS 12	0,8/7	—
28	2,5 $\times$ 45°	H12	6,3/6	+
29	3,5 $^{+0,25}$	H14	6,3/6	—
30	13	h12	6,3/6	+
31	15 $^{-0,05}_{-0,16}$	d11	0,8/7	+
32	3	H12	6,3/6	+
33	1,9 $^{+0,06}$	H11	3,2/5	+
34	5	h12	6,3/6	+
35	6	h12	6,3/6	+
36	1,6 $\times$ 45°	h12	6,3/6	+
37	0,6	H12	6,3/6	+
38	7,5 $^{+0,36}$	H14	6,3/6	—
39	3	h12	6,3/6	—
40	3	h12	6,3/6	—

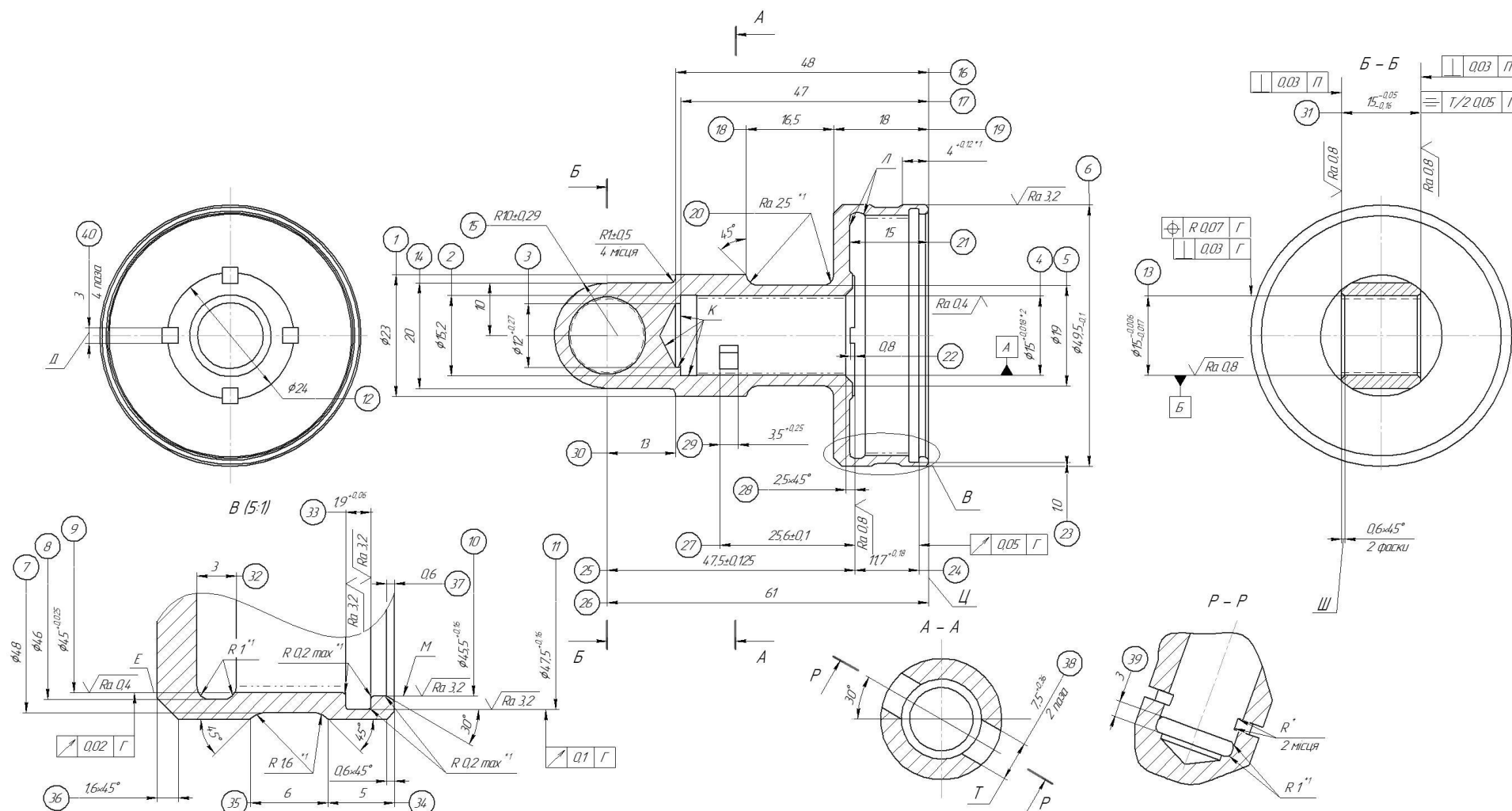


Рисунок 1.6 – Технологічна розмітка поверхонь деталі «корпус».

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (1.4):

$$K_{yn} = \frac{28}{40} = 0,7 \geq 0,6$$

Виходячи з даного коефіцієнту, деталь являється технологічною.

Середній квалітет точності та коефіцієнт точності визначається за формулами (1.8), (1.7):

$$A_{cp} = \frac{15 \cdot 1 + 14 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 12 \cdot 26 + 11 \cdot 5 + 10 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 1}{40} = 11,675$$

$$K_{точ} = 1 - \frac{1}{11,675} = 0,91 > 0,6$$

Виходячи з даного коефіцієнту, деталь є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості та середній квалітет шорсткості, який визначається за формулами (1.10), (1.9):

$$B_{cp} = \frac{5 \cdot 4 + 6 \cdot 31 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 2}{40} = 6,1$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{6,1} = 0,83 > 0,6$$

Виходячи з даного коефіцієнту, деталь являється технологічною.

Загальний рівень технологічності визначаємо за формулою (1.3):

$$K_{тех} = \frac{0,7 + 0,91 + 0,83}{3} = 0,81 > 0,6$$

Покладаючись на вищевикладені обчислення було зроблено наступний висновок. Деталь задовольняє коефіцієнтам кількісної оцінки

технологічності конструкції, але не задовольняє критеріям якісної оцінки, тому деталь вважається нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Проектування маршруту обробки циліндричної зовнішньої поверхні $\phi 49,5h10_{(-0,1)}$.

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$Td_3 = 2400$ мкм;

$Ra_3 = 50$ мкм;

Квалітет - IT 17;

Деталь:

$Td_d = 0,1$ мм = 100 мкм;

$Ra_d = 3,2$ мкм

Уточнення за квалітетом визначається за формулою [1]:

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}; \quad (1.11)$$

де $Td_{заг}$ – допуск на заготовку в мкм;

$Td_{дет}$ – допуск на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{2400}{100} = 24$$

Уточнення за шорсткістю визначається за формулою [1]:

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}; \quad (1.12)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ – шорсткість на заготовку в мкм;

$Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{50}{3,2} = 15,63$$

Кількість переходів розраховується за формулою [1]:

$$K_{\text{расч}} = 2 \lg \varepsilon_{oTd} \quad (1.13)$$

$$K_{\text{расч}} = 2 \cdot \lg 24 = 2,7$$

Приймаємо кількість переходів $K=2$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 10 = 7 = 5 + 2$$

$$IT15 \rightarrow h12 \rightarrow h10$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 3,2$$

Перевірка:

$$\varepsilon_{oTd} \leq \Pi \varepsilon_{iTd}$$

$$24 \leq 24 \text{ вірна}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \Pi \varepsilon_{iRa}$$

$$15,63 \leq 15,63 \text{ вірна}$$

Результати розрахунків занесені до табл.1.4. Перевірка виконана.
Маршрут обробки заданої поверхні є виконаним.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 45H7^{(+0,039)}$.

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$$Td_3 = 2500 \text{ мкм};$$

$$Ra_3 = 50 \text{ мкм};$$

Квалітет – IT 17;

Деталь:

$$Td_d = 0,025 \text{ мм} = 25 \text{ мкм};$$

$$Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$$

Квалітет – H7^(+0,039).

Уточнення за квалітетом та шорсткістю розраховуються за формулами (1.11), (1.12):

$$\epsilon_{oTd} = \frac{2500}{25} = 100$$

$$\epsilon_{oRa} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

Кількість переходів розраховується за формулою (1.13):

$$K_{\text{расч}} = 2 \cdot \lg 100 = 4$$

Приймаємо кількість переходів $K=4$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 7 = 10 = 3 + 3 + 2 + 2$$

$$IT17 \rightarrow H13 \rightarrow T/O \rightarrow H10 \rightarrow H8 \rightarrow H7$$

$$Ra \ 50 \rightarrow Ra \ 12,5 \rightarrow T/O \rightarrow Ra \ 3,2 \rightarrow Ra \ 1,6 \rightarrow Ra \ 0,8$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} \epsilon_{oTd} &\leq \Pi \epsilon_{iTd} \\ 100 &\leq 100\text{-вірна} \\ \epsilon_{oRa} &\leq \Pi \epsilon_{iRa} \end{aligned}$$

$$62,5 \leq 62,5\text{--вірна}$$

Результати розрахунків занесені до табл.1.4. Перевірка виконана. Маршрут обробки даної поверхні є виконаним.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі було вдосконалено завдяки об'єднанню наступних операцій: фрезерної, яка виконувалася на горизонтально–фрезерному ГВ–40Н верстаті, та фрезерної, яка виконувалася на вертикально–фрезерному FB 40 V, в одну операцію, яка виконується на вертикально–фрезерному FB 40 V верстаті. Було об'єднано дві токарних операції в одну, яка виконується на токарному верстаті з ЧПУ 1341; також було розроблено свердлильну операцію на свердлильному верстаті 2P135Ф2.

Таблиця 1.4 – План обробки поверхонь

	Показ., мкм	Уточн.	Кіл. пер.	Різн.пок. ПШТК	i	Метод обр.		Td, мкм	Ra, мкм	ε_{iTd}	ε_{iRa}
Зов.цил.пов. Ø49,5h10 _(-0,1)	Td	24		17-10=7= =5+2	1	Загот.	IT17	2400	50	–	–
					2	Чорн. точ.	h12	740	12,5	3,24	4
					3	Н/чист. точ.	h10	100	3,2	7,4	3,9
	Ra	15,63			5	Уточнення				24	15,63
Внутр. цил.пов. Ø45H7 _(+0,025)	Td	100		17-7=10= =4+3+2+1	1	Загот.	IT17-	2500-	50-	–	–
					2	Розточ. чорн.	H13	390	12,5	6,4	4
					3	Н/чист. розт.	H10	100	3,2	3,9	3,9
					4	Т/О	–	–	–	–	–
					5	Чист.розточ.	H8	39	1,6	2,56	2
					6	Шліфування	H7	25	0,8	1,56	2
	Ra	62,5			7	Уточнення				100	62,5

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розраховуємо припуск розрахунково-аналітичним методом на розмір $\varnothing 45H7^{(+0,025)}$.

Внутрішня поверхня $\varnothing 45H7^{(+0,025)}$ $Ra=0,8$; HB 269...274;

МОП:

- 1 перехід. Заготовка
- 2 перехід. Розточування чорнове $H13(T_{D2} = 390 \text{ мкм})$;
- 3 перехід. Розточування напівчистове $H10(T_{D3} = 100 \text{ мкм})$;
- 4 перехід. Т/О (міднення);
- 5 перехід. Розточування чистове $H8(T_{D5} = 39 \text{ мкм})$;
- 6 перехід. Шліфування $H7(T_{D6} = 25 \text{ мкм})$;

Для заготовки були прийняті нормативні значення висоти нерівностей Rz та висоти дефектного шару h [1, табл.3.7, с.23]. Дані були занесені до табл.1.5.

За переходами:

- 1 перехід. Заготовка $Rz_1 = 80 \text{ мкм}$ $h_1 = 150 \text{ мкм}$;
- 2 перехід. Розточування чорнове $Rz_2 = 80 \text{ мкм}$ $h_2 = 50 \text{ мкм}$;
- 3 перехід. Розточування напівчистове $Rz_4 = 30 \text{ мкм}$ $h_4 = 40 \text{ мкм}$;
- 4 перехід. Розточування чистове $Rz_5 = 15 \text{ мкм}$ $h_5 = 20 \text{ мкм}$;
- 6 перехід. Шліфування $Rz_6 = 5 \text{ мкм}$ $h_6 = 15 \text{ мкм}$.

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою [2]:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.14)$$

де $\rho_{зм}$ — допустиме значення зміщення поверхні;

$\rho_{кор}$ — допустиме значення короблення поверхні.

Допустиме значення зміщення поверхні розраховується за формулою [2]:

$$\rho_{зм} = \rho_{зм\ таб} \cdot l \quad (1.15)$$

де $\rho_{к\ таб}$ – табличне значення кривизни поверхні; $\rho_{зм\ таб}=2$ мкм/мм [1, табл.3.9, с.25];

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{зм} = 2 \cdot 8,3 = 16,6 \text{ мкм}$$

Допустиме значення короблення поверхні розраховується за формулою [2]:

$$\rho_{кор} = \rho_{к\ таб} \cdot l \quad (1.16)$$

де $\rho_{к\ таб}$ – табличне значення кривизни поверхні; $\rho_{к\ таб}=3$ мкм/мм [2, табл.15, с.186];

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{кор} = 3 \cdot 8,3 = 24,9 \text{ мкм}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою (1.14):

$$\rho_1 = \sqrt{16,6^2 + 24,9^2} = 29,93 \text{ мкм}$$

Приймаємо коефіцієнти уточнення k_i за [2, табл.13, с.42];

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot k_2 = 29,93 \cdot 0,06 = 2 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = \rho_2 \cdot k_3 = 2 \cdot 0,05 = 0 \text{ мкм};$$

Визначення мінімальних припусків розраховується за формулою [2]:

$$2z_i^{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.17)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей попередньої операції;

h_{i-1} – висота дефектного шару попередньої операції;

ρ_{i-1} – значення просторового відхилення попередньої операції;

ε_i – значення похибки установки даної операції, [2, табл.13, с.42].

$$2z_2^{\min} = 2(200 + 150 + \sqrt{29,93^2 + 200^2}) = 1,104 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{2^2 + 45^2}) = 0,29 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\min} = 2(12,8 + 40 + \sqrt{45^2}) = 0,195 \text{ мм};$$

$$2z_6^{\min} = 2(3,2 + 20 + \sqrt{20^2}) = 0,086 \text{ мм}.$$

Розраховуємо номінальні припуски:

$$2z_2^H = 2z_2^{\min} + e_{i \text{ заг}} = 1,104 + 1,7 = 2,804 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{\min} + Td_2 = 0,29 + 0,39 = 0,68 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{\min} + Td_3 = 0,195 + 0,1 = 0,296 \text{ мм};$$

$$2z_6^H = 2z_6^{\min} + Td_4 = 0,086 + 0,039 = 0,125 \text{ мм}.$$

Знаходимо номінальні діаметри:

$$d_6^H = d_{\text{дет}}^H = 45 \text{ мм};$$

$$d_5^H = d_6^H - 2z_6^H = 45 - 0,125 = 44,875 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_5^H - 2z_5^H = 44,875 - 0,296 = 44,579 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H - 2z_3^H = 44,579 - 0,68 = 43,899 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{дет}}^H = d_2^H - 2z_2^H = 43,899 - 2,804 = 41,095 \text{ мм}.$$

Знаходимо максимальні припуски:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_{\text{заг}} + Td_2 = 1,104 + 2,5 + 0,39 = 3,994 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^H + Td_3 = 0,68 + 0,1 = 1,78 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 2z_5^H + Td_5 = 0,296 + 0,039 = 0,335 \text{ мм};$$

$$2z_6^{\max} = 2z_6^H + Td_6 = 0,125 + 0,025 = 0,15 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 2,804 + 0,68 + 0,296 + 0,125 = 3,905 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$d_{\text{дет}}^H - d_{\text{заг}}^H = 2z_0^H$$

$$45 - 41,095 = 3,905$$

$$3,905 = 3,905$$

За результатами перевірки схема припусків складена вірно.

Таблиця 1.5 - Розрахунок припусків на обробку циліндричної внутрішньої поверхні $\varnothing 45H7^{(+0,025)}$

	Найменування операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ	ε_i	Td , мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Вик. p-p d , мм	$2z_i^{\max}$, мм	$2z_i^{\min}$, мм
1	Заготівельна	200	150	29,93	—	2,5	—	41,095	$\varnothing 41,1^{+0,8}_{-1,7}$	—	—
2	Розт. чорнове	50	50	2	200	0,39	2,804	43,899	$\varnothing 43,9^{+0,39}$	3,994	1,104
3	Розт.н/чист	12,8	40	0	45	0,1	0,68	44,579	$\varnothing 44,6^{+0,1}$	0,78	0,29
4	Т/О	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Розт. чистове	3,2	20	0	45	0,039	0,296	44,875	$\varnothing 44,9^{+0,039}$	0,335	0,196
6	Шліфування	1,6	15	0	20	0,025	0,125	45	$\varnothing 45^{+0,025}$	0,15	0,086

Розрахунок припусків табличним способом.

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 49,5h10_{(-0,1)}$.

Обрано мінімальні припуски табличним способом [1, табл.4.3, с.42].

1. Заготовка;

2. Точіння чорнове $2z_2^{\min}=2 \cdot 1,8 = 3,6$ мм;

3. Точіння напівчистове $2z_3^{\min}=2 \cdot 0,5 = 1$ мм.

Знаходимо розрахункові номінальні припуски [1]:

$$2z_2^H = 2z_2^{\min} + e_{i \text{ заг}} = 3,6 + 0,8 = 4,4 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{\min} + Td_2 + es_3 = 1 + 0,25 = 1,25 \text{ мм}.$$

Знаходимо номінальні розміри [1]:

$$d_3^H = 49,5 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H + 2z_3^H = 49,5 + 1,25 = 50,75 \text{ мм};$$

$$d_1^H = d_2^H + 2z_2^H = 50,75 + 4,4 = 55,15 \text{ мм}.$$

Знаходимо максимальні припуски [1]:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_2 + Td_1 = 3,6 + 0,25 + 2,4 = 6,25 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^{\min} + Td_3 + Td_2 = 1 + 0,1 + 0,25 = 1,35 \text{ мм}.$$

Знаходимо загальний номінальний припуск [1]:

$$2z_0^H = 2z_2^H + 2z_3^H = 4,4 + 1,25 = 5,65 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$2z_0^H = d_1^H - d_3^H$$

$$5,65 = 55,15 - 49,5$$

$$5,65 = 5,65$$

$$2z_2^{\max} - 2z_2^{\min} = Td_1 + Td_2$$

$$6,25 - 3,6 = 2,4 + 0,5$$

$$2,65 = 2,65$$

$$2z_3^{\max} - 2z_3^{\min} = Td_2 + Td_3$$

$$1,35 - 1 = 0,25 + 0,1$$

$$0,35 = 0,35$$

За результатами перевірки схема припусків складена вірно, результати занесені до табл.1.6.

Таблиця 1.6 - Розрахунок припусків на обробку циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 49,5h10_{(-0,1)}$.

	Операції	Відхилення		Допуск	Ном прип. $2z_i^H$, мм	Номін. р-р, d_i^H , мм	Исп. р-р d, мм	Припуски	
		es, мм	ei, мм	Td, мм				$2z_i^{\max}$, мм	$2z_i^{\min}$, мм
1	Заготовка	1,6	-0,8	2,4	—	55,15	$\varnothing 55,2^{+1,6}_{-0,7}$	-	-
2	Чорн. точ.	0	-0,25	0,25	4,4	50,75	$\varnothing 50,75_{-0,25}$	6,25	3,6
3	Н/чист.точ.	0	-0,1	0,1	1,25	49,5	$\varnothing 49,5_{-0,1}$	1,35	1

1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на операцію 040 – Фрезерну (рис.1.9).

Перехід 1- фрезерування торців послідовно, витримуючи розміри 1, 2.

Згідно вихідних даних, було обрано ріжучий інструмент: торцева фреза з механічним кріпленням круглих пластин з твердого сплаву $D=50$ мм; $z= 5$, $B= 60$ мм; ГОСТ 24359-80 [5, таб.96, с.188].

Визначаємо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{2} \quad (1.18)$$

де $L_{\max/\min}$ – довжина деталі перед обробкою та після відповідно.

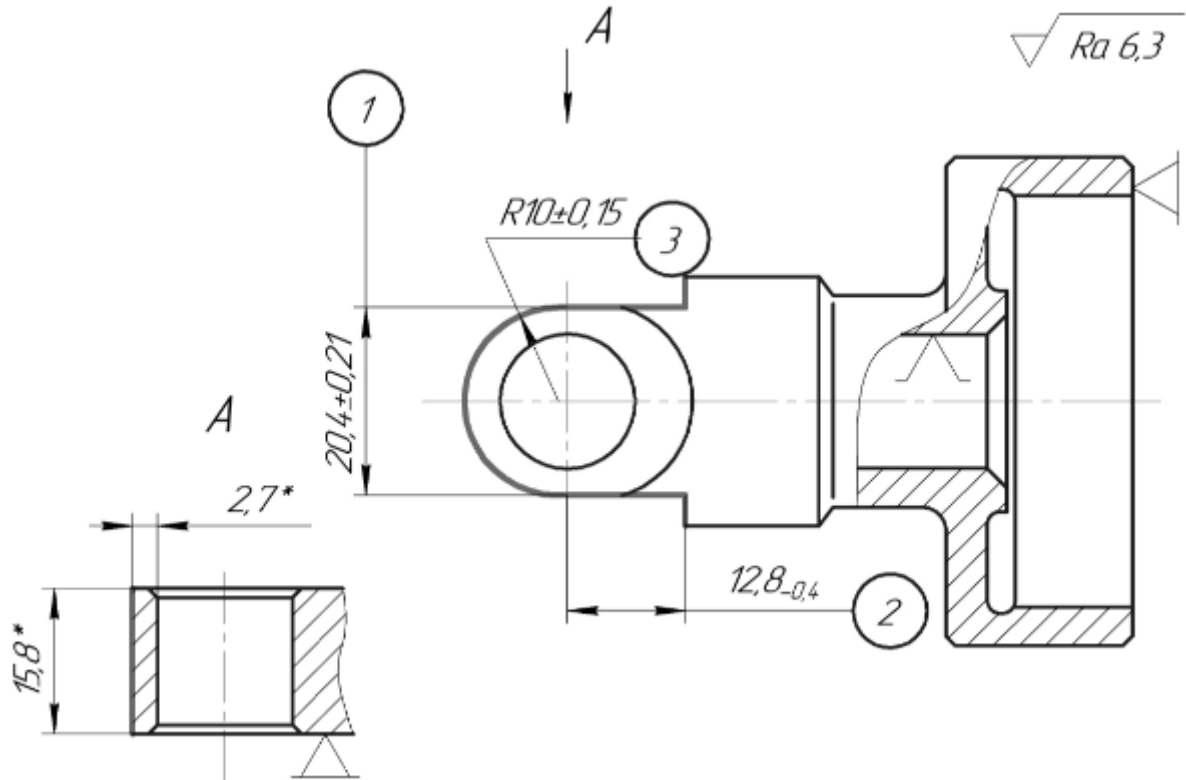


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки деталі “ Корпус” на фрезерну операцію 040.
Верстат вертикально-фрезерний FB 40V.

$$t = \frac{24 - 20,4}{2} = 1,8 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту назначаємо $T=180$ хв [5, таб.40, с.290].

Подача в мм на один зуб розраховується за формулою [5]:

$$S_z = S_T \cdot K_{S_z D} \cdot K_{S_z t} \cdot K_{S_z \Pi} \cdot K_{S_z o} \cdot K_{S_z \text{ш}} \cdot K_{S_z i} \quad (1.19)$$

де S_{zT} – табличне значення подачі, мм/зуб [4, с.41];

$K_{S_z D}$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [4, с.41];

$K_{S_z t}$ – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [4, с.41];

$K_{S_{\text{ш}}}$ – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [4, с.41];
 $K_{S_{z o}}$ – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження, [4, с.41];
 $K_{S_{z \text{ш}}}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні, [4, с.41];
 $K_{S_{zi}}$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [4, с.41].

$$S_z = 0,14 \cdot 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,106 \text{ мм/зуб}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_z = 0,12 \text{ мм/зуб}$.

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою [5]:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{таб}} \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot V_4 \cdot V_5 \cdot V_6 \cdot V_7 \cdot V_8 \quad (1.20)$$

де $V_{\text{таб}}$ – табличне значення швидкості різання, м/хв [4, с.41];

V_1 – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [4, с.41];

V_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [4, с.41];

V_3 – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [4, с.41];

V_4 – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження, [4, с.41];

V_5 – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні [4, с.41];

V_6 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [4, с.41].

V_7 – коефіцієнт, що залежить від значення подачі, [4, с.41];

V_8 – коефіцієнт, який враховує стійкість ріжучої частини інструменту, [4, с.41].

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 250,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 219,4 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою [5]:

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot d_{\text{фр}}} \quad (1.21)$$

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 219,4}{\pi \cdot 50} = 1397,45 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 1350 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою [5]:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\text{фр}} \cdot n_{\text{пр}}}{1000} \quad (1.22)$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1350}{1000} = 211,95 \text{ хв}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою [5]:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{пр}} \quad (1.23)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,12 \cdot 5 \cdot 1350 = 810 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо хвилинну подачу за паспортним даними верстату $S_{\text{хв.пр}} = 800 \text{ мм/хв}$.

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою [6]:

$$N_{\phi} = N_{\text{таб}} \cdot K_{n1} \cdot K_{n2} \cdot K_{n3} \quad (1.24)$$

де $N_{\text{таб}}$ — табличне значення потужності, кВт [6, с.332];

V_1 — коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [6, с.409];

V_2 — коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [6, с.417];

V_3 — коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [6,с.421];

$$N_{\phi} = 7,2 \cdot 0,85 \cdot 0,6 \cdot 1 = 3,67 \text{ кВт}$$

Порівняння потужності головного руху за паспортом верстата визначається за формулою [6]:

$$\begin{aligned} N_{\phi} &\leq N_{\text{гл}} \\ 3,67 &\leq 4 \end{aligned} \quad (1.25)$$

Машинний час розраховуємо за формулою [5]:

$$t_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{хв}}} \cdot i \quad (1.26)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу інструменту, мм;

i – кількість проходів, яку робить інструмент в даній операції.

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою [5]:

$$L_{\text{р.х}} = l_{\text{різ}} + l_{\text{вр}} + 2R_{\text{фр}} \quad (1.27)$$

де $l_{\text{різ}}$ – довжина ділянки різання, мм;

$l_{\text{вр}}$ – довжина врізання, мм [5, с.287];

$R_{\text{фр}}$ – радіус фрези, мм.

$$L_{\text{р.х}} = 15,8 + 5 + 2 \cdot 25 = 70,8 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.26):

$$t_0 = \frac{70,8}{800} \cdot 2 = 0,18 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.7.

Перехід 2 – фрезерування з витримуванням розміру 3.

Згідно вихідних даних, було обрано ріжучий інструмент: кінцева фреза з матеріалом ріжучої частини з твердого сплаву $D=8$ мм; $z=4$, ГОСТ 17025-71 [5, таб.65, с.174].

Визначаємо глибину різання [5]:

$$t = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2} \quad (1.28)$$

де $R_{\max/\min}$ – радіус деталі перед обробкою та після відповідно, мм.

$$t = \frac{12 - 10}{2} = 1 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту визначено $T=80$ хв [6, таб.40, с.290].

Подача в мм на один зуб розраховується за формулою (1.19):

$$S_z = 0,094 \cdot 1,2 \cdot 0,57 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,064 \text{ мм/зуб}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_z=0,07$ мм/зуб.

Розрахункову швидкість різання розраховуємо за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 117,1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1,25 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,74 \cdot 1 = 116,03 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 116,03}{\pi \cdot 8} = 4619,02 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 3150 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.22):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 3150}{1000} = 79,13 \text{ хв}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою (1.23):

$$S_{\text{хв}} = 0,07 \cdot 4 \cdot 3150 = 882 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо хвилинну подачу за паспортним даними верстату
 $S_{\text{хв.пр}} = 800 \text{ мм/хв.}$

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.24):

$$N_{\phi} = 7,2 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 1 = 1,73 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата (1.25):

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}}$$

$$1,73 \leq 4$$

Машинний час розраховуємо за формулою (1.26):

$$t_0 = \frac{43,96}{800} \cdot 1 = 0,055 \text{ хв}$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.29):

$$L_{\text{р.х}} = \pi \cdot (R_{\text{дет}} + R_{\text{фр}}) \quad (1.29)$$

$$L_{\text{р.х}} = \pi \cdot (10 + 4) = 43,96 \text{ мм}$$

$$t_{\text{о заг}} = 0,18 + 0,055 = 0,235 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.7.

Розрахунок режимів різання на операцію 050 – свердлильну (рис.1.10).

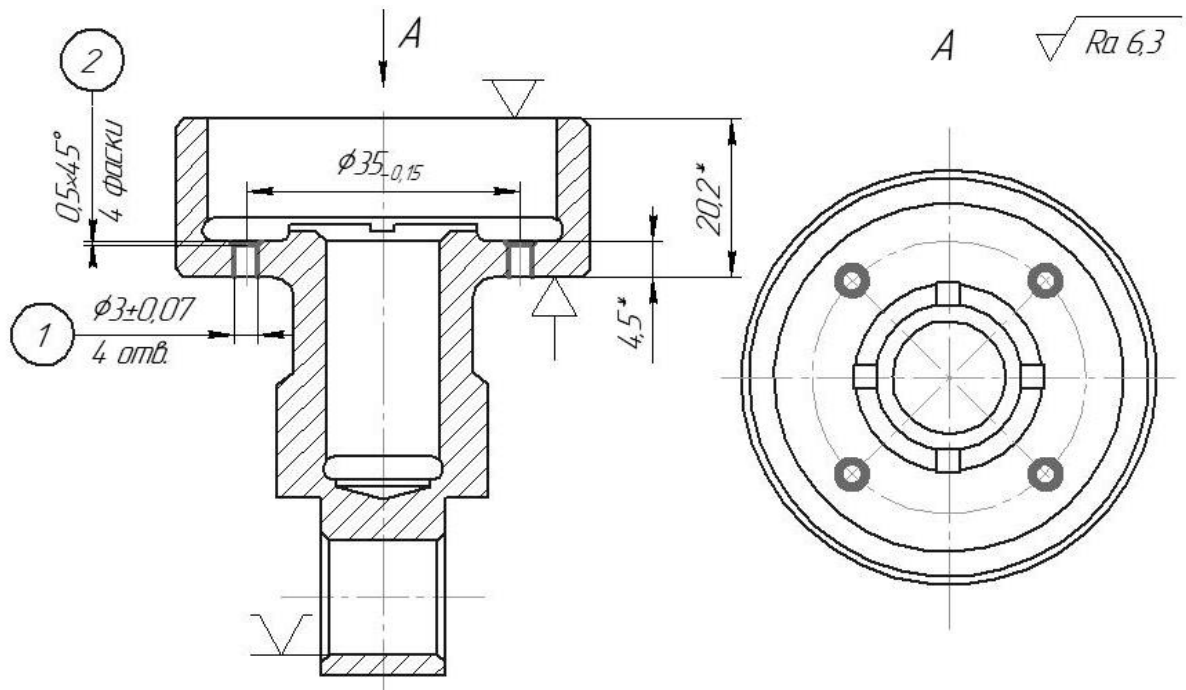


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки деталі “ корпус” на свердлильну 050 операцію. Верстат 2Н135.

1 перехід – Свердління 4х отворів $\phi 3$.

Згідно вихідних даних, обрано ріжучий інструмент: свердло спіральне з конічним хвостовиком $\phi 3$ мм, зі швидкорізальної сталі Р6М5, ГОСТ 12122–77.

Визначаємо глибину різання за формулою [5]:

$$t = \frac{d_{\text{св}}}{2} \quad (1.30)$$

$$t = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту назначаємо, $T=8$ хв [3, таб.30, с.279];

Подача розраховується за формулою [5]:

$$S_o = S_T \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.31)$$

де S_T – табличне значення подачі, [4, с.12];

K_1 – коефіцієнт за довжиною свердління, [4, с.12];

K_2 – коефіцієнт за видом отвору свердління, [4, с.12].

$$S_o = 0,06 \cdot 1 \cdot 1 = 0,06 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_o = 0,06$ мм/об.

Розрахункову швидкість різання розраховуємо за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 40,23 \cdot 0,64 \cdot 1,25 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 = 21,56 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 21,56}{\pi \cdot 3} = 2288,75 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 1600 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 1400}{1000} = 13,2 \text{ м/хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр}} = 0,66 \text{ Нм}$, [6, с.275].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою [3]:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{пр}}}{9750} \quad (1.32)$$

$$N = \frac{0,66 \cdot 1600}{9750} = 0,11 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата (1.26):

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}}$$

$$0,11 \leq 3,7$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою [5]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{вр}} + l_{\text{різ}} + l_{\text{пер}} \quad (1.33)$$

де $l_{\text{вр}}$ – довжина врізання, мм [6, с.287];

$l_{\text{різ}}$ – довжина різання, мм;

$l_{\text{пер}}$ – довжина перебігу, мм [6, с.287].

$$L_{\text{р.х.}} = 2,5 + 4,5 + 3 = 10 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.27):

$$t_0 = \frac{10}{0,06 \cdot 1600} \cdot 4 = 0,42 \text{ хв}$$

2 перехід – Зенкування 4х отворів $\varnothing 3$ мм.

Згідно вихідних даних, обрано ріжучий інструмент: зенківка 2357-0005 ГОСТ 14953-80 $\varnothing 4$ мм – зі швидкорізальної сталі Р6М5.

Глибина різання в даному випадку дорівнює глибині фаски, тобто $t = 0,5$ мм.

Стійкість інструменту назначаємо, $T = 8$ хв [3, таб.30, с.279];

Подача розраховується за формулою (1.31):

$$S_0 = 0,06 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,057 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_o = 0,06$ мм/об.

Розрахункову швидкість різання розраховуємо за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 40,23 \cdot 0,6 \cdot 1,02 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 = 14,41 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 14,41}{\pi \cdot 4} = 1147,29 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 1000}{1000} = 12,56 \text{ хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр}} = 0,66$ Нм, [6, с.275].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою [3]:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{пр}}}{9750} \quad (1.34)$$

$$N = \frac{0,66 \cdot 1000}{9750} = 0,07 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата (1.26):

$$N_{\text{ф}} \leq N_{\text{гл}}$$

$$0,07 \leq 3,7$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.33):

$$L_{p.x.}=0,1+0,5=0,6 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.27):

$$t_0 = \frac{0,6}{0,06 \cdot 1000} \cdot 4 = 0,04 \text{ хв}$$

$$t_{o \text{ заг}} = 0,42 + 0,04 = 0,46 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.7.

Розрахунок режимів різання на операцію 075 (рис. 1.11).

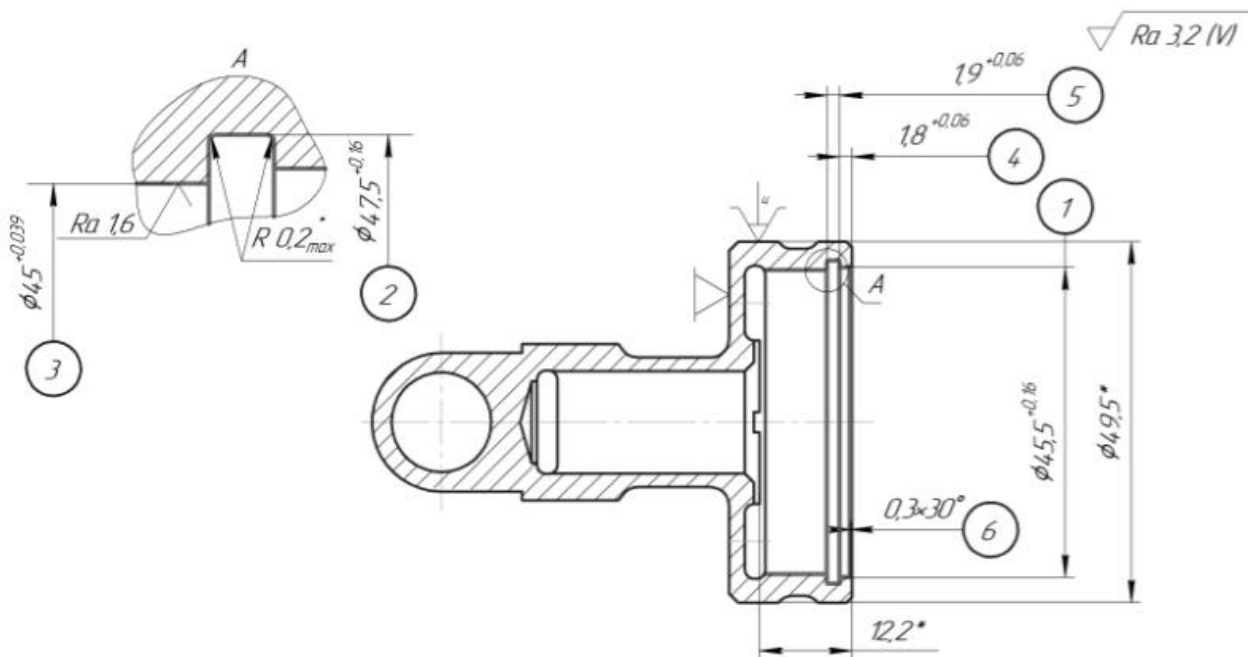


Рисунок 1.11 – Ескіз обробки деталі “корпус” на операцію 075 токарну з ЧПУ. Верстат 1341.

1 Перехід – розточування.

Згідно вихідних даних, обираємо різець токарний розточувальний – з пластинами із твердого сплаву T15K6, [5, таб.36, с.134].

Визначаємо глибину різання за формулою (1.27) для кожного з переходів:

$$t_1 = \frac{45,039 - 45,027}{2} = 0,006 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{45,66 - 45}{2} = 0,33 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{45,8 - 45,5}{2} = 0,15 \text{ мм}$$

Величина глибини різання для всіх переходів майже однакова, та входить в діапазон меж, тому визначаємо інші режими різання для $t = 0,5 \text{ мм}$.

Стійкість інструменту назначаємо $T = 60 \text{ хв}$ [4, с.12].

Подача розраховується за формулою (1.30):

$$S_o = 0,29 \cdot 1,25 \cdot 0,8 = 0,29 \text{ мм/об}$$

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.31):

$$V_{\text{розр}} = 96 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,35 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,57 \cdot 1,14 \cdot 1,0 = 18,44 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.20):

$$n_{\text{розр1}} = \frac{1000 \cdot 18,44}{\pi \cdot 45,039} = 130,39 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\text{розр2}} = \frac{1000 \cdot 18,44}{\pi \cdot 45,66} = 128,62 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\text{розр2}} = \frac{1000 \cdot 18,44}{\pi \cdot 45,8} = 128,22 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 130 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\phi_1} = \frac{\pi \cdot 45,039 \cdot 130}{1000} = 18,38 \text{ хв}$$

$$V_{\phi_2} = \frac{\pi \cdot 45,66 \cdot 130}{1000} = 18,64 \text{ хв}$$

$$V_{\phi_2} = \frac{\pi \cdot 45,8 \cdot 130}{1000} = 18,70 \text{ хв}$$

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.24):

$$N_{\phi} = 5,7 \cdot 0,95 \cdot 0,76 \cdot 1 = 4,12 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата (1.25):

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}}$$

$$4,12 \leq 5,5$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.33):

$$L_{\text{р.х}} = 2,5 + 12,2 + 3 = 17,7 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.29):

$$t_{01} = \frac{17,7}{0,3 \cdot 130} \cdot 3 = 1,36 \text{ хв}$$

2 Перехід – розточування канавки.

Згідно вихідних даних, обираємо різець токарний розточувальний канавковий спеціальний – з пластинами із твердого сплаву Т15К6.

Глибина різання при прорізанні канавки дорівнює ширині цієї канавки.
Тому, $t = 1,9$ мм

Стійкість інструменту назначаємо $T=30$ хв [4, с.12].

Подача розраховується за формулою (1.30):

$$S_o = 0,29 \cdot 1,25 \cdot 0,8 = 0,29 \text{ мм/об}$$

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.31):

$$V_{\text{розр}} = 96 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,35 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 0,57 \cdot 1,06 \cdot 0,66 = 15,48 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.20):

$$n_{\text{розр1}} = \frac{1000 \cdot 15,48}{\pi \cdot 47,5} = 103,79 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя
 $n_{\text{пр}} = 100 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\phi 1} = \frac{\pi \cdot 47,5 \cdot 100}{1000} = 14,92 \text{ м/хв}$$

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.24):

$$N_{\phi} = 5,6 \cdot 1,1 \cdot 0,76 \cdot 1 = 4,68 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата (1.25):

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}}$$

$$4,68 \leq 5,5$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.33):

$$L_{\text{р.х}} = 0,5 + 1,25 = 1,75 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.29):

$$t_{01} = \frac{1,75}{0,3 \cdot 100} \cdot 1 = 0,175 \text{ хв}$$

$$t_{0 \text{ заг}} = 1,36 + 0,175 = 1,54 \text{ хв}$$

Дані заносимо до табл.1.7.

Розрахунок режимів різання на операцію 090 – шліфувальну (рис.1.12).

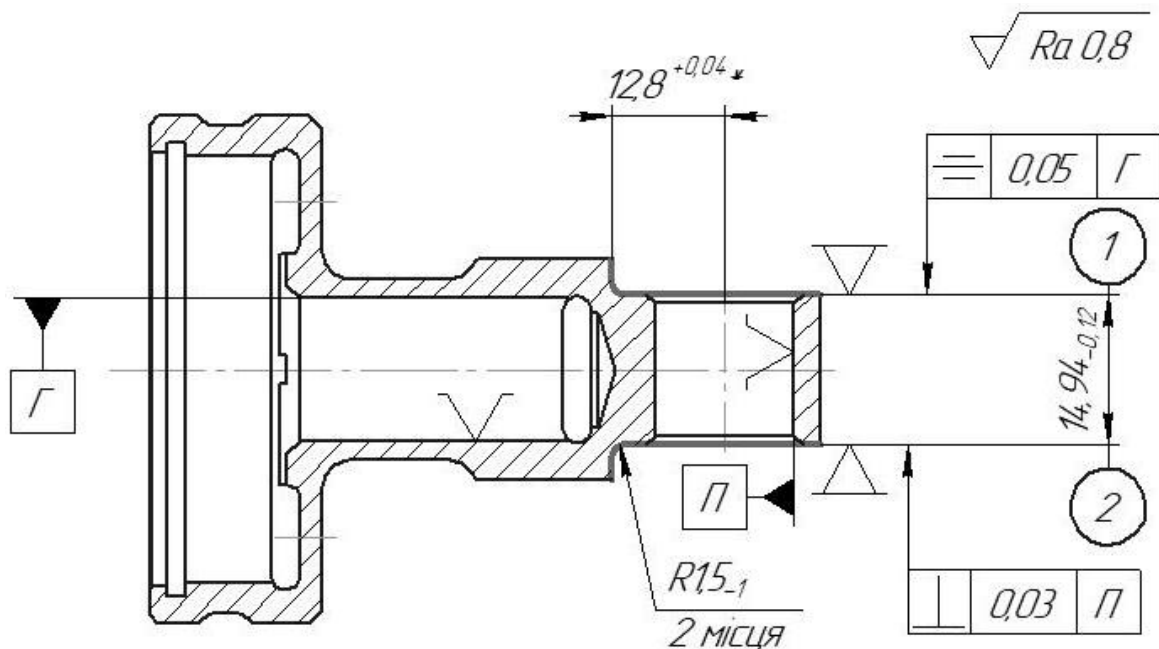


Рисунок 1.12 – Ескіз обробки деталі “корпус” на операцію 090 шліфувальну. Верстат плоско-шліфувальний 371М.

Згідно вихідних даних, обрано шліфувальний круг $d_{кр}=200$ мм, $B = 40$ мм, CM2 – C2, [6, с.684].

Визначаємо глибину різання за формулою (1.27):

$$t_1 = \frac{15,006 - 14,63}{2} = 0,188 \text{ мм}$$

Подачу приймаємо $S_{хв} = 0,5$ м/хв [5, таб.55 с.301].

Табличне значення швидкості обертання шліфувального круга приймаємо $V_{кр} = 30$ м/с [5, таб.55 с.301].

Швидкість обертів шліфувального круга розраховується за формулою [5]:

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot V_{кр} \cdot 60}{\pi \cdot D_{кр}} \quad (1.32)$$

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 200} \cdot 60 = 2866,24 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів: $n_{кр} = 2930 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{фкр} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 2930}{1000 \cdot 60} = 30,67 \text{ м/хв}$$

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.24):

$$N_{\phi} = 2,67 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,43 = 1,03 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата $N_{гд} = 2,5$ кВт.

1.7 Технічне нормування операцій

Нормування фрезерної операції 040.

Допоміжний час розраховується за формулою [6]:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{б.п}} + t_{\text{б.в}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{щ}} + t_{\text{кор}} + t_{\text{контр}} \quad (1.35)$$

де $t_{\text{уст/сн}}$ – час на встановлення, зняття, вивірку, закріплення, розкріплення та зняття деталі, хв;

$t_{\text{упр}}$ – час керування верстатом, розраховується за формулою, хв (1.36);

$t_{\text{б.п/б.о}}$ – час на швидкий підвід та відвід інструменту, хв [6, с.203];

$t_{\text{зм}}$ – час, необхідний для зміни інструменту, повороту револьверної голівки, зміни позицій шпинделя, зміни копіїв, хв [6, с.209];

$t_{\text{щ}}$ – відкриття та закриття щитка безпеки, хв;

$t_{\text{кор}}$ – час на розрахунок корекції верстатів з ЧПУ, хв [6, с.209];

$t_{\text{контр}}$ – час необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі, хв [6, с.206].

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{перекл}} \quad (1.36)$$

де $t_{\text{вкл/викл}}$ – час на включення та виключення верстату, хв [6, таб.5.8 с.202];

$t_{\text{перекл}}$ – час необхідний для переключення режимів верстату, хв [6, таб.5.9 с.203].

$$t_{\text{упр}} = 0,0012 + 0,007 + 0,003 = 0,011 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,7 + 0,011 + 0,05 + 0,04 + 0,125 = 0,926 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою [6]:

$$t_{OP} = t_o + t_{доп} \quad (1.37)$$

$$t_{OP} = 0,235 + 0,926 = 1,161 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою [6]:

$$t_{IP} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{OP} \quad (1.38)$$

де α_{Σ} – нормативи часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, хв [6, таб.6.1 с.214].

$$t_{IP} = 6\% \cdot 1,161 = 0,070 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою [6]:

$$t_{шт} = t_{OP} + t_{IP} \quad (1.39)$$

$$t_{шт} = 1,161 + 0,07 = 1,231 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховуються за формулами [6]:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3} \quad (1.40)$$

$$t_{шт-к} = t_{шт} + t_{пз}/n \quad (1.41)$$

де $t_{пз1}$, $t_{пз2}$, $t_{пз3}$, хв [6, табл.6.4, с.216];

n – обсяг партії, шт:

$$n = \frac{a \cdot N}{A} = \frac{5 \cdot 1500}{250} = 30 \text{ деталей на тиждень} \quad (1.42)$$

$$t_{пз} = 16 + 7 + 2 = 25 \text{ хв}$$

$$t_{шт-к} = 1,231 + 25/30 = 2,064 \text{ хв}$$

Нормування свердлильної операції 030.

Допоміжний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,05 + 0,043 + 0,05 + 0,06 + 0,04 = 0,243 \text{ хв}$$

Час керування верстатом розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{упр}} = 0,01 + 0,03 + 0,003 = 0,043 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = 0,46 + 0,243 = 0,703 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{пр}} = 7\% \cdot 0,703 = 0,049 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = 0,703 + 0,049 = 0,752 \text{ хв}$$

Підготовче-заключний та штучно-калькуляційний час розраховуються за формулами відповідно (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = 3 + 4 + 5 = 12 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 0,752 + 12/30 = 1,152 \text{ хв}$$

Нормування операції токарної з ЧПУ 075

Допоміжний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,11+0,053+0,05+0,09+0,07+0,06+0,04+0,03+0,13=0,633 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{упр}} = 0,01+0,03+0,013=0,053 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = 1,54+0,633=2,17 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{пр}} = 6\% \cdot 2,17 = 0,13 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = 2,17+0,13 = 2,3 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховуються за формулами відповідно (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = 7+1+1 = 9 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 2,3+9/30 = 2,6 \text{ хв}$$

Нормування шліфувальної операції 090.

Допоміжний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,098+0,11+0,065+0,07+0,05+0,045+0,035+0,03+0,13=0,633 \text{ хв}$$

Час керування верстатом розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{упр}} = 0,007 + 0,075 + 0,016 = 0,098 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = 0,04 + 0,098 = 0,67 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{пр}} = 5,5\% \cdot 0,67 = 0,037 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = 0,67 + 0,037 = 0,707 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховуються за формулами відповідно (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = 7 + 5 + 6 = 18 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 0,707 + 18/30 = 1,307 \text{ хв}$$

Всі нормативи часу зведені в табл.1.8.

Таблиця 1.8 – Нормативи часу.

№ Оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	$T_{\text{п.з.}}$, хв.	Величина партії, $n_{\text{опт}}$, шт.	$T_{\text{шт.к.}}$, хв.
040	Фрезерна	1,231	25	30	2,064
050	Свердлильна	0,752	12		1,152
075	Токарна з ЧПК	2,3	9		2,6
090	Шліфувальна	0,707	18		1,307

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ

В даному розділі всі операції виконуються за допомогою програмного забезпечення NX CAM.

Програма NX дозволяє одночасно здійснювати проектування прес-форми і вибір траєкторії переміщення інструменту. Ця програма надає нам можливості гнучкої зміни моделі за допомогою потужних інструментів, таких як поверхневе моделювання. Інтеграція між NX CAD і NX CAM спрощує оновлення САМ-моделей після внесення змін у конструкцію. Використання шаблонів також дає можливість підвищення коефіцієнта повторного використання інформації. Ця здатність використання наявних даних в поєднанні з тим фактом, що програмування можна почати раніше, а зміни можна реалізувати швидше, прискорила генерацію траєкторій інструментів на 20%.

1.8.1 Розробка токарної операції 025

Види траєкторії та розташування різця в процесі обробки зображено на рисунках 1.13-1.15.

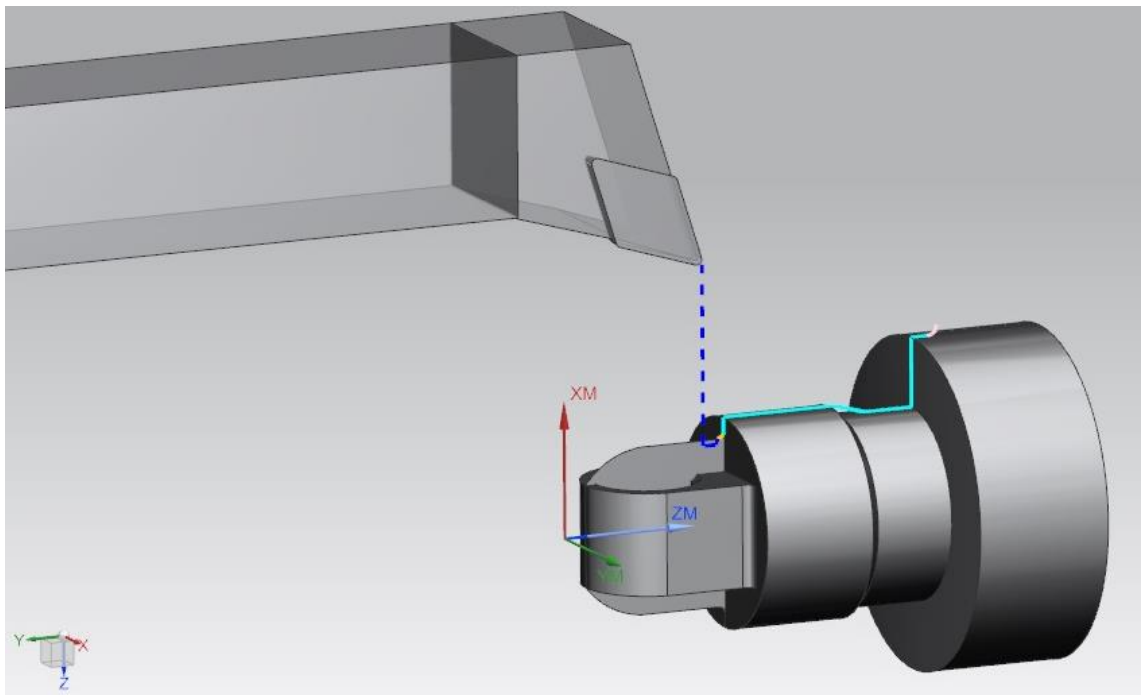


Рисунок 1.13 – Зображення траєкторії та розташування різця на початку обробки.

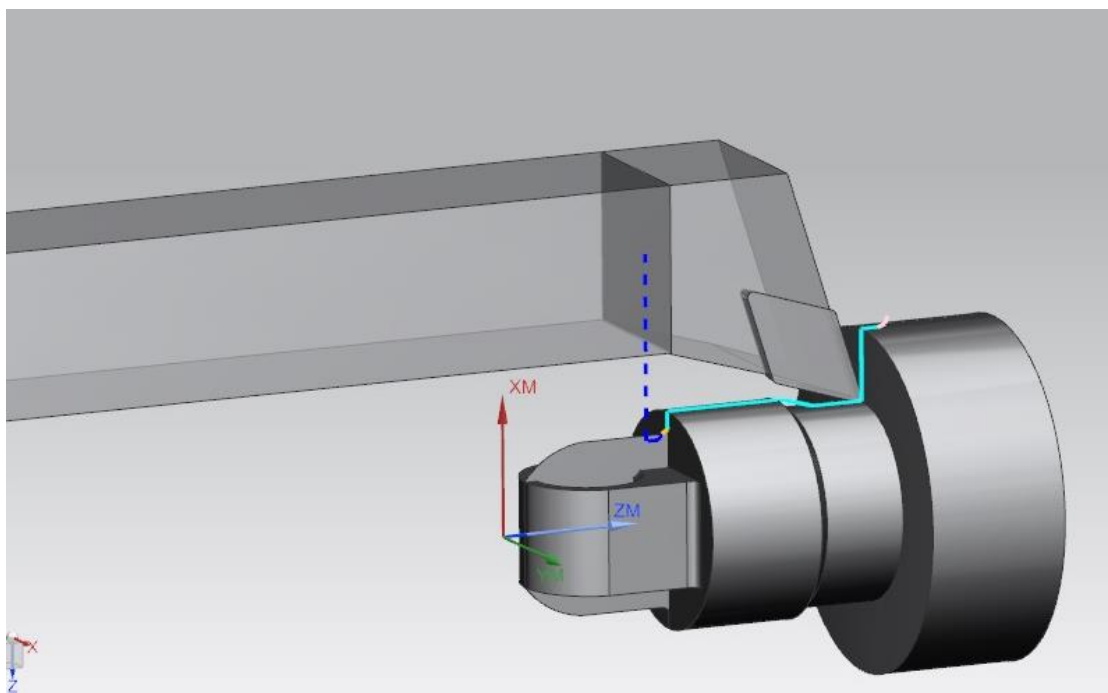


Рисунок 1.14 – Зображення траєкторії та розташування різця в процесі обробки.

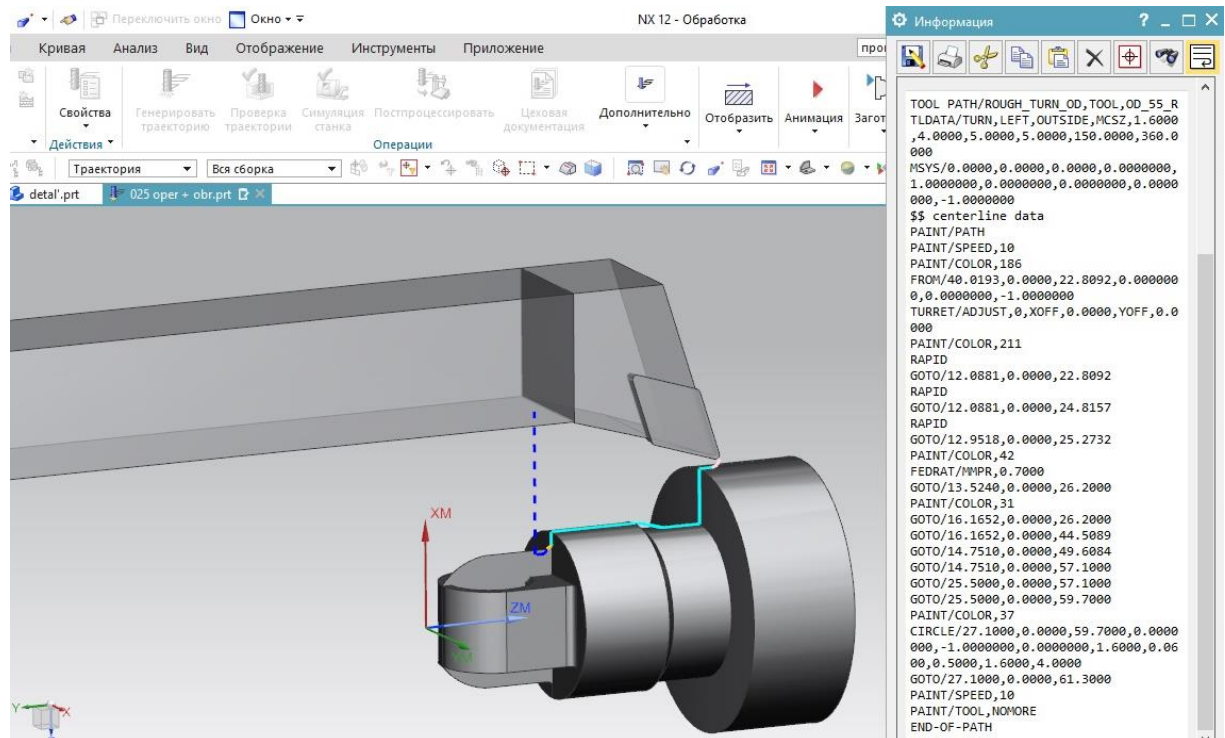


Рисунок 1.15 – Зображення та розташування різця наприкінці обробки з наведеною поруч програмою обробки.

1.8.2 Розробка фрезерної операції 040

Види траєкторії інструментів в процесі обробки зображено на рисунках 1.16–1.19.

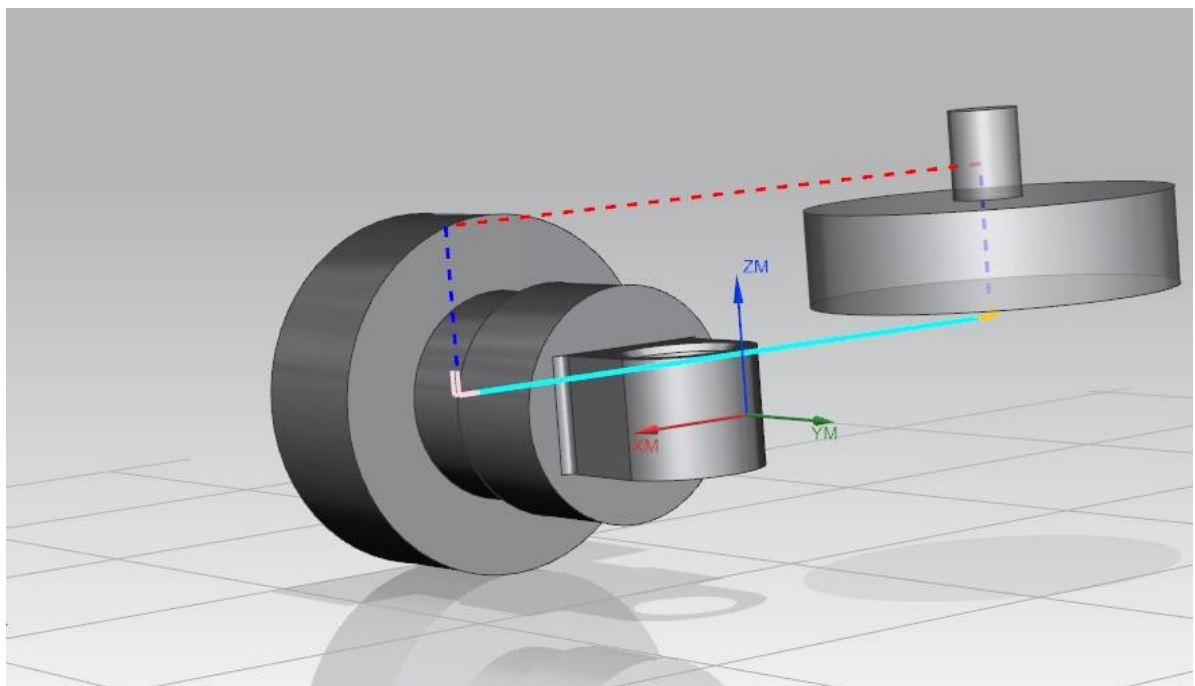


Рисунок 1.16 – Зображення траєкторії руху та розташування торцевої фрези на початку фрезерування торців.

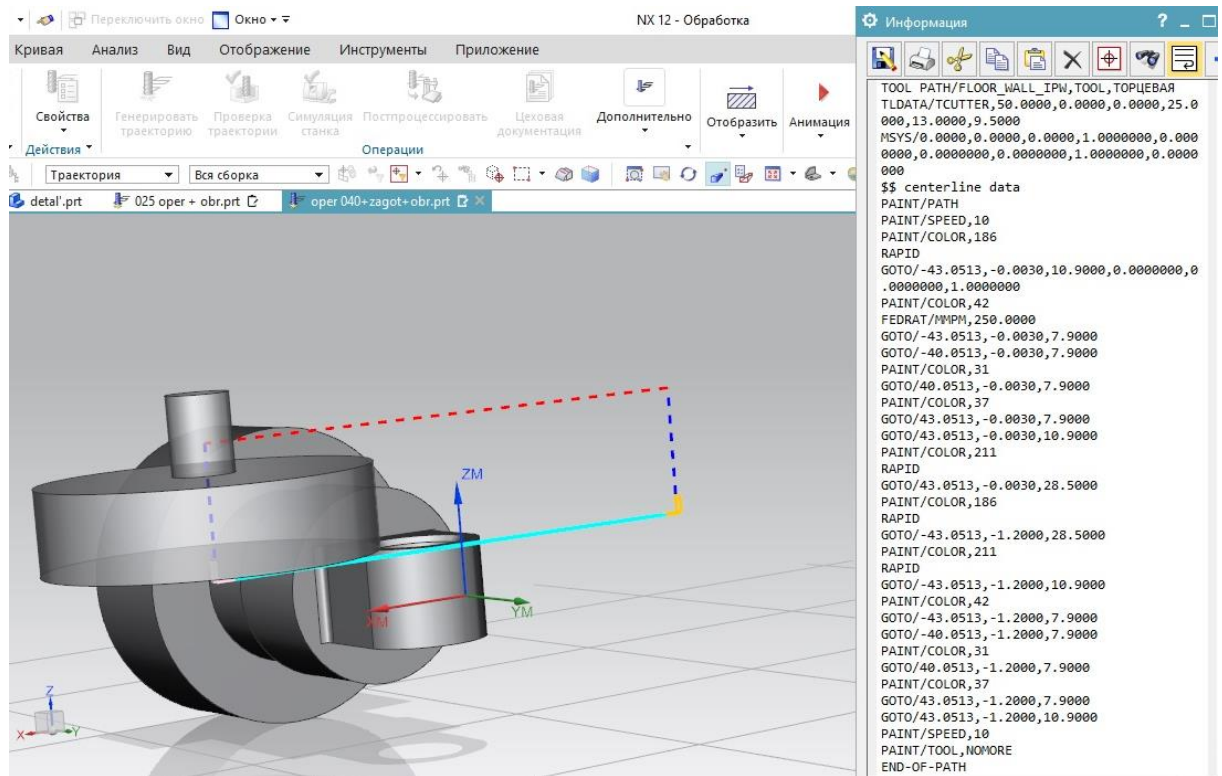


Рисунок 1.17 – Зображення траєкторії руху та розташування торцевої фрези наприкінці обробки з наведеною поруч програмою обробки.

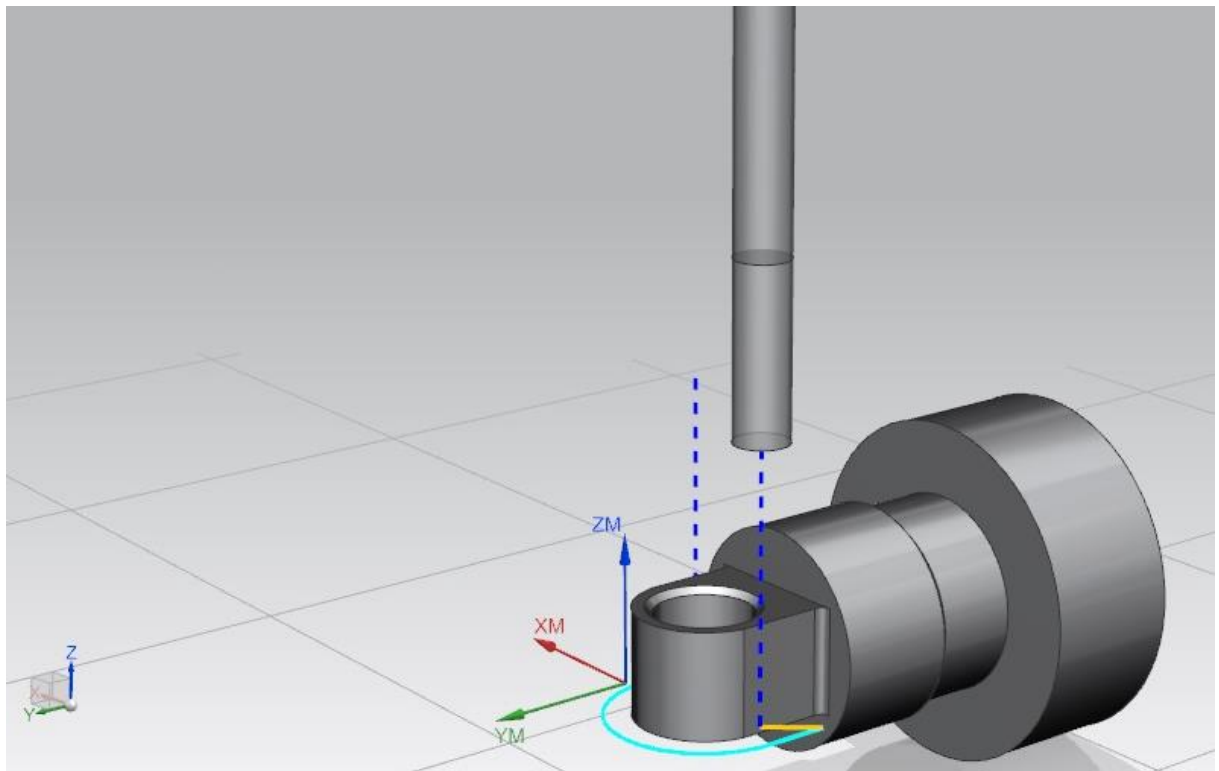


Рисунок 1.18 – Зображення траєкторії руху та розташування кінцевої фрези на початку обробки.

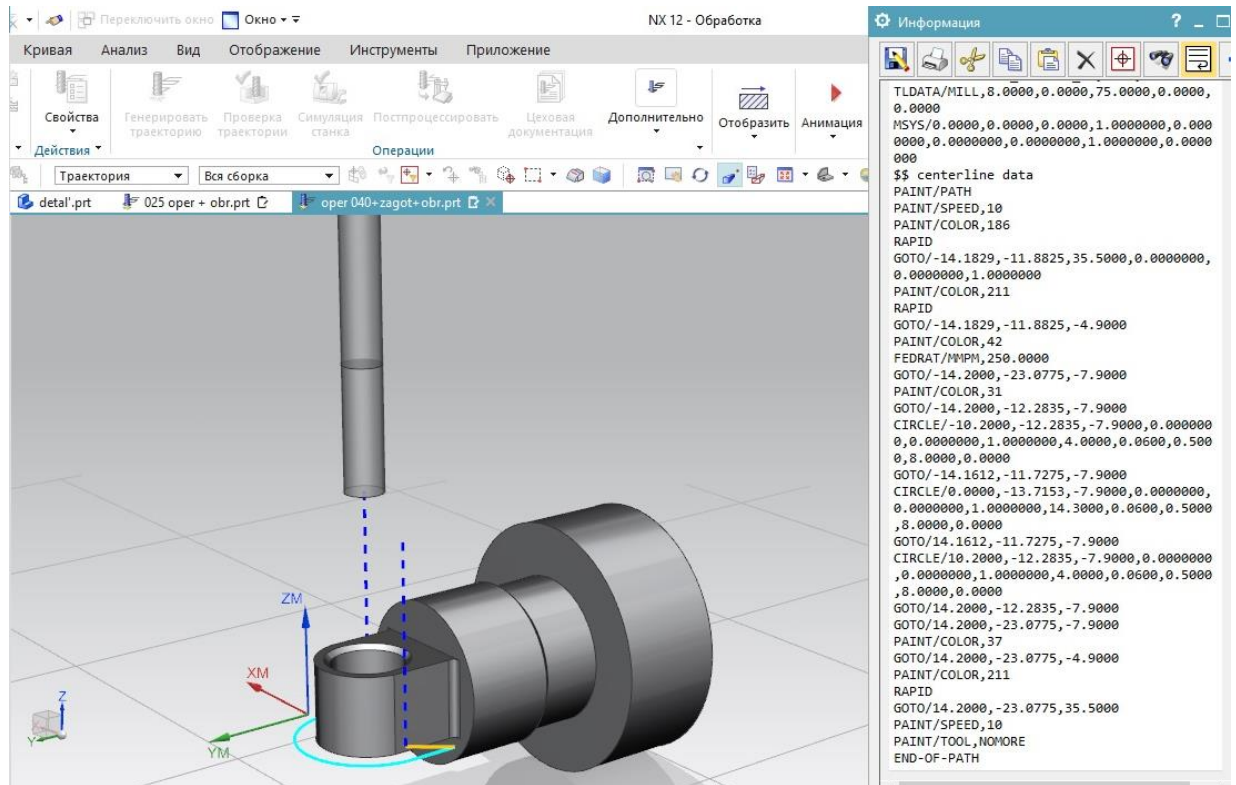


Рисунок 1.19 – Зображення траєкторії руху та розташування кінцевої фрези наприкінці обробки з наведеною поруч програмою.

1.8.3 Розробка свердлильної операції 050

Види траєкторії свердла та zenkivki в процесі обробки зображено на рис. 1.20- 1.24.

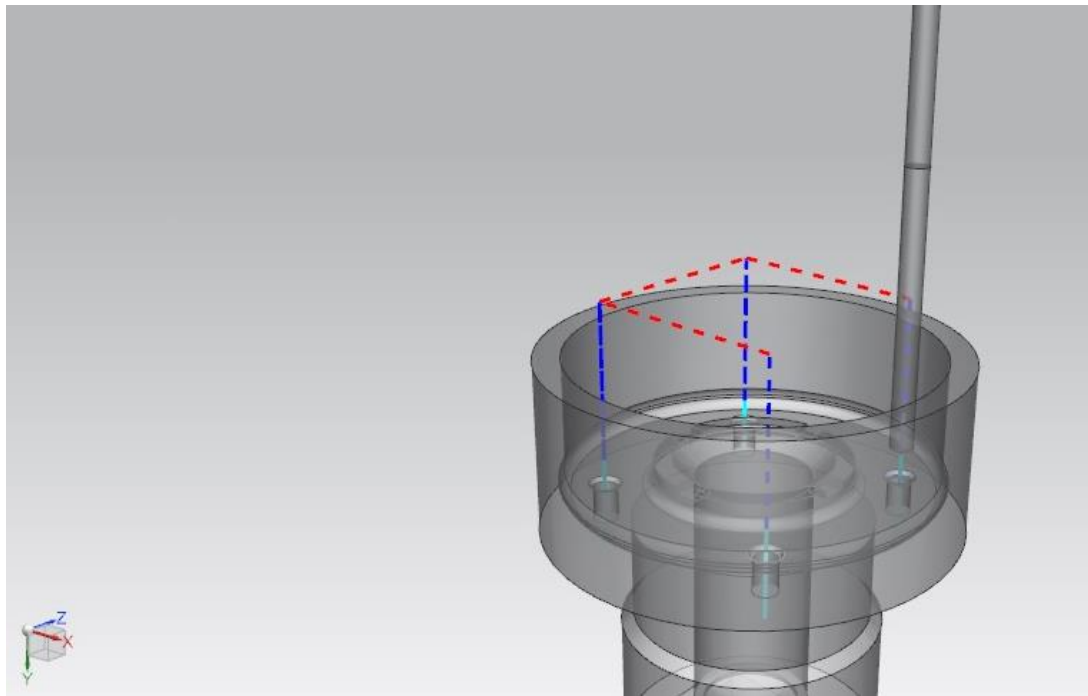


Рисунок 1.20 – Зображення траєкторії руху та розташування свердла на початку свердління.

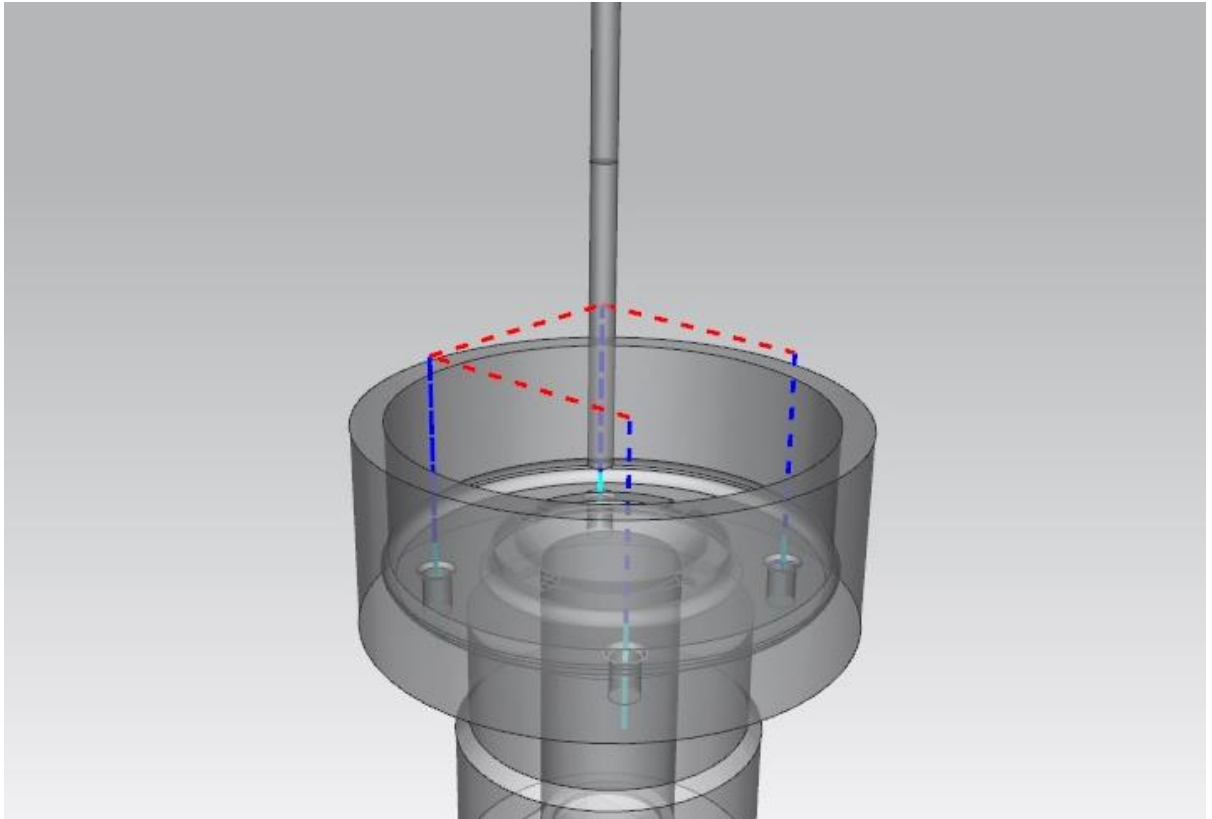


Рисунок 1.21 – Зображення траєкторії руху та розташування свердла в процесі свердління.

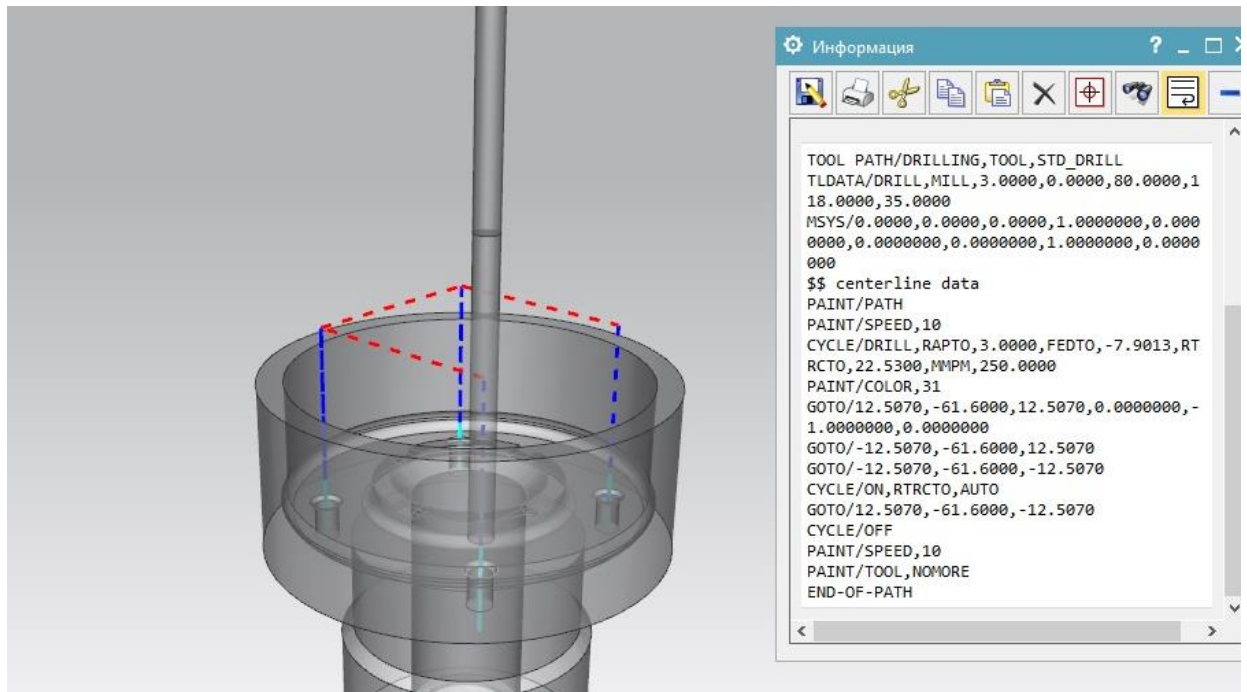


Рисунок 1.22 – Зображення траєкторії руху та розташування свердла після свердління з наведеною поруч програмою обробки.

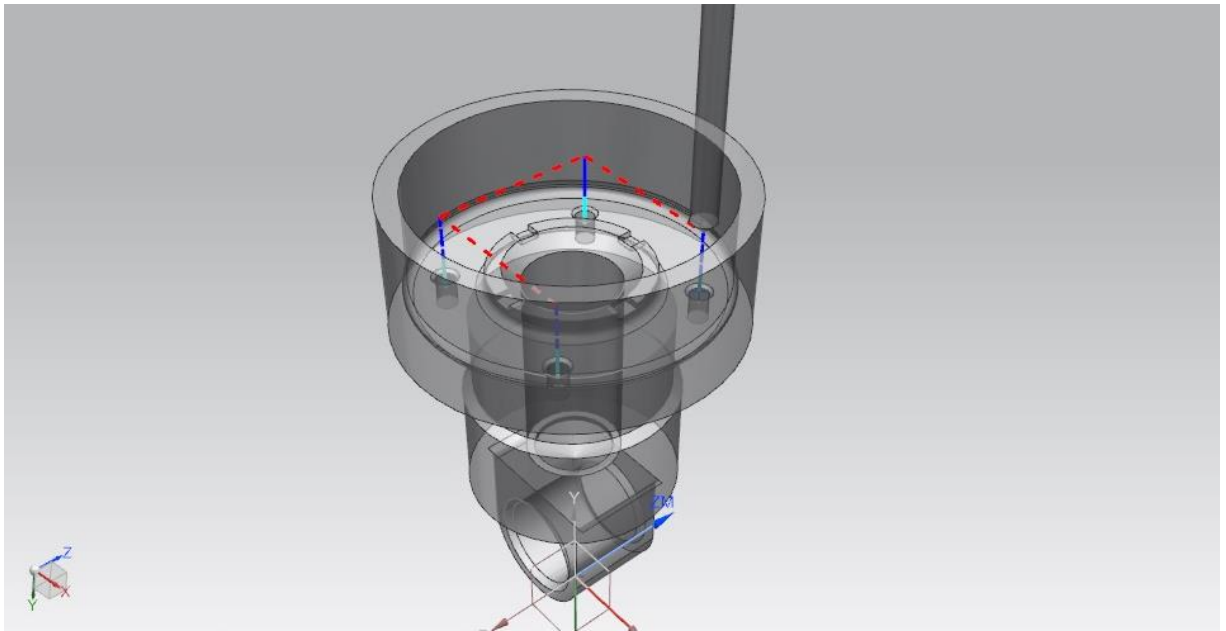


Рисунок 1.23 – Зображення траєкторії руху та розташування зенківки на початку зенкування.

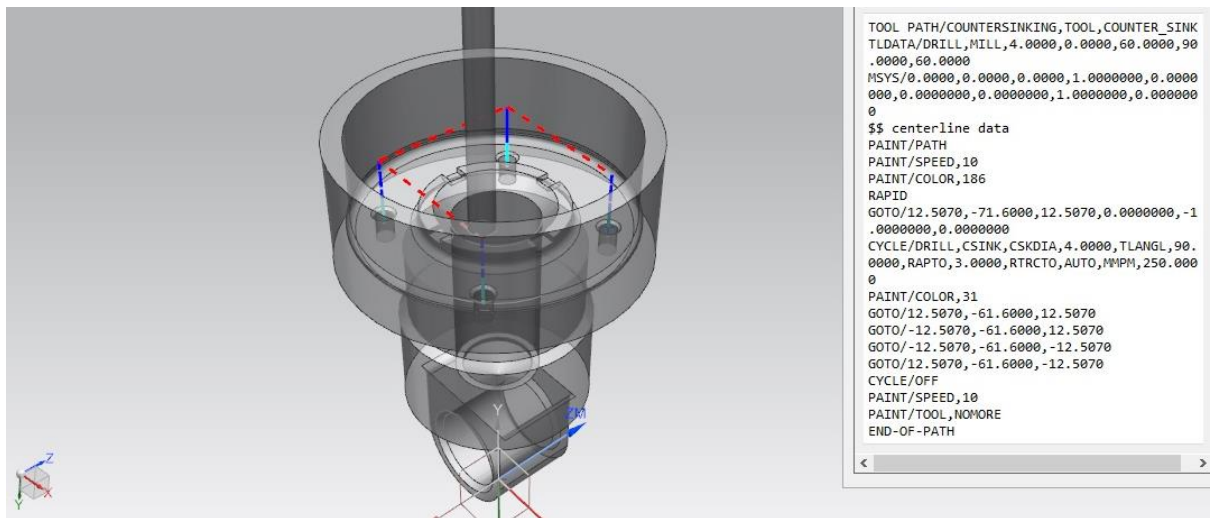


Рисунок 1.24 – Зображення траєкторії руху та розташування зенківки після зенкування з наведеною поруч програмою обробки.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристрою

При проектуванні пристосувань вибирають конструкції та розміри їх установчих елементів, визначають необхідну силу затиску та уточнюють розміри і схему затискного пристрою; визначають розміри напрямних елементів, далі проводять загальне компоновання пристосування, встановлюють допуски на розміри деталей і технічні умови на складання.

Конструювання пристосування повинно бути пов'язане з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі, тому що при його розробці вибирають технологічні бази, встановлюють маршрут обробки із зазначенням проміжних розмірів і допусків на них, уточнюють зміст технологічних операцій і розробляють ескізи обробки, які дають загальну уяву про встановлення та закріплення заготовки, встановлюють режими різання, визначають штучний час на операцію за елементами, вибирають різальний інструмент та тип і модель верстата [8].

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування оснащене пневмокамерою, завдяки якій відбувається затискання та розкріплення деталі. Попередньо деталь встановлюється в пристосування вручну. А саме, її встановлюють таким чином, щоб деталь стала в нижнє гніздо кондукторної плити поз. 6, та провертають, щоб вона лягла на направляючі призми поз. 8, радіусом R10 мм. Специфікація робочого пристосування наведена в додатку А.

Затиск деталі відбувається при піднятті рукоятки поз. 11 та подачі повітря в безштокову порожнину пневмокамери. Таким чином повітря тисне на діафрагму пневмокамери, яка в свою чергу переміщується вгору разом зі

стаканом поз. 12, всередині якого знаходиться шток. Шток підіймає призму поз. 9, яка щільно притискає деталь до кондукторної плити поз.6, а також базує деталь відносно площини симетрії. Таким чином відбувається закріплення деталі в пристосуванні.

Розкріплення відбувається коли повітря подається в штокову порожнину пневмокамери, це дає змогу штоку разом з діафрагмою спуститися донизу. Відповідно призма поз.9 опускається, тим самим вивільнює деталь.

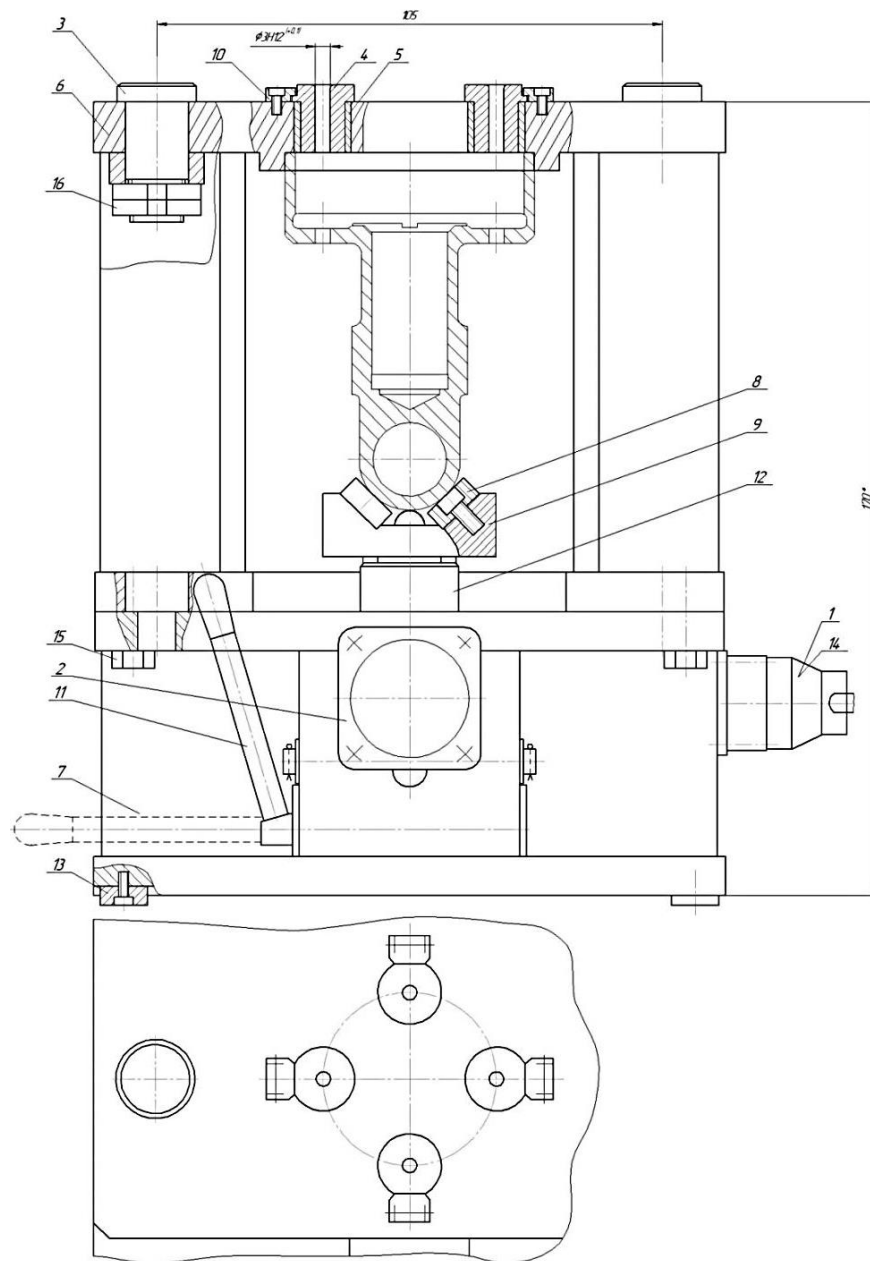


Рисунок 2.1 – Графічне зображення робочого пристосування.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибку установки заготовки в пристосування розраховуємо за формулою [8]:

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_\delta + \mathcal{E}_z \quad (2.1)$$

де $\mathcal{E}_y$ – різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту, яка виникає в процесі базування та закріплення заготівки, мм;

$\mathcal{E}_\delta$ – частина похибки установки, яка виникає в результаті розбіжності вимірювальної та настроєчної баз, мм;

$\mathcal{E}_z$ – частина похибки установки, яка виникає в результаті відхилення вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил закріплення, мм.

Визначаємо похибку базування $\mathcal{E}_\delta = T_{dl} = 0,74$ мм.

Оскільки напрямки сили закріплення та розміру обробки співпадають, то необхідно враховувати похибку закріплення $\mathcal{E}_{з табл} = 0,12$ мм [7, таб. 4.7, с.50].

$$\mathcal{E}_y = 0,74 + 0,055 = 0,795 \text{ мм}$$

На заготовку при обробці в пристосування діють сили обробки, об'ємні сили (вага заготівки, центробіжні та інерційні сили), сили випадкового чи другорядного характеру, а також сили затиску та реакцій елементів пристосування. При цьому заготовка повинна знаходитися в рівновазі.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Дійсна сила затиску розраховується за формулою [8]:

$$W_d = k \cdot W \quad (2.2)$$

де W – сила затиску, МПа;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Коефіцієнт запасу закріплення розраховується за формулою [8]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.3)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу [8, с.100];

k_1 – враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці [8, с.100];

k_2 – враховується у всіх випадках обробки та залежить від виду обробки, матеріалу, який обробляється та нерівномірного зносу ріжучого інструменту [8, таб. 6.1 с.101];

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки [8, с.100];

k_4 – характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сил затиску [8, с.100];

k_5 – характеризує ручні затиски з точки зору зручності закріплення деталі [8, с.100];

k_6 – враховується у тому випадку, коли розрахунок сил затиску робиться з урахуванням моментів сил різання та залежить від виду опорної поверхні пристосування [8, с.100].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,5$$

Сила затиску розраховується за формулою [8]:

$$W = \frac{P_z}{f \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.4)$$

де P_z – значення тангенціальної сили різання, Н;

f – коефіцієнт тертя спокою;

α – кут призми.

$$W = \frac{260}{0,25 \sin \frac{90}{2}} = 1222,23 \text{ Н}$$

Розраховуємо дійсну силу затиску за формулою (2.2)

$$W_d = 1,5 \cdot 1222,23 = 1833,35 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмокамери за формулою [8]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.5)$$

де Q – сила затиску, Н;

p – тиск в пневмосистемі, МПа;

η – коефіцієнт корисної дії.

Сила затиску розраховується за формулою (2.6)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1200}{\pi \cdot 0,3 \cdot 0,88}} = 76,09 \text{ мм}$$

Приймаємо найближчий діаметр пневмоциліндру, із ряду стандартних $D=75$ мм. Відповідно до діаметру циліндра вибираємо діаметр штоку $d=4$ мм [8, таб.7.3 с.139].

Економічний ефект від впровадження даного пристосування

Визначення економічної ефективності тієї чи іншої конструкції пристосування базується на порівнянні затрат на базовий та пропонований варіанти конструкції пристосування.

Якщо в порівнюваних варіантах пристосувань витрати на електроенергію, стисле повітря, амортизацію обладнання, інструмент, технічне обслуговування однакові, тоді економічну оцінку можна проводити в порівнянні з технологічною собівартістю обробки однієї деталі.

Технологічна собівартість обробки однієї деталі до та після впровадження пристосування розраховується за формулами [1]:

$$C_a = L_a \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_a}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right), \quad (2.6)$$

$$C_b = L_b \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_b}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) \quad (2.7)$$

де C_a, C_b – собівартість виготовлення однієї деталі, грн.;

L – штучна заробітна плата, грн.;

z – цехові накладні на заробітну плату, %;

S – витрати на виготовлення та наладку пристосувань, грн.;

N – річна програма випуску або число деталей в партії, шт;

i – термін амортизації пристосувань, в роках;

q – витрати пов'язані з утриманням, ремонтом та експлуатацією пристосувань в %.

Штучна заробітна плата при обробці однієї деталі розраховується за формулою [1]:

$$L = t_{\text{шт}} \cdot p \quad (2.8)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час на виконання операції обробки заготовки, хв;

p – хвилинна тарифна ставка робітника, грн.

$$L_a = 0,752 \cdot 18 = 13,54 \text{ грн.}$$

$$L_b = 0,752 \cdot 22 = 16,54 \text{ грн.}$$

Собівартість виготовлення пристосування можна орієнтовно визначити в залежності від складності його конструкції за формулою [1]:

$$S = n C_n \quad (2.9)$$

де n – кількість деталей в пристосуванні, котра визначає групу складності деталей;

C_n – питома собівартість виготовлення однієї деталі пристосування, грн.

$$S_a = 20 \cdot 4 = 80 \text{ грн.}$$

$$S_b = 12 \cdot 3 = 36 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від впровадження даного пристосування розраховується за формулою [1]:

$$E = (C_b - C_a) \cdot N \quad (2.10)$$

Технологічна собівартість обробки однієї деталі до та після впровадження пристосування розраховується за формулами (2.6), (2.7):

$$C_a = 13,54(1+400/100)+80/1500(1/4+15/100) = 67,7 \text{ грн.}$$

$$C_b = 16,54(1+400/100)+36/1500(1/3+15/100) = 82,73 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від впровадження даного пристосування розраховується за формулою (2.10):

$$E = (82,73 - 67,7) \cdot 1500 = 22545,4 \text{ грн.}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Необхідно розрахувати на точність контрольний пристрій (рис. 2.2). Пристосування використовується для контролю розмірів $61 \pm 0,3$, $47,5 \pm 0,1$, $25,6 \pm 0,1$. Похибка приладу не більше 0,02 мм.

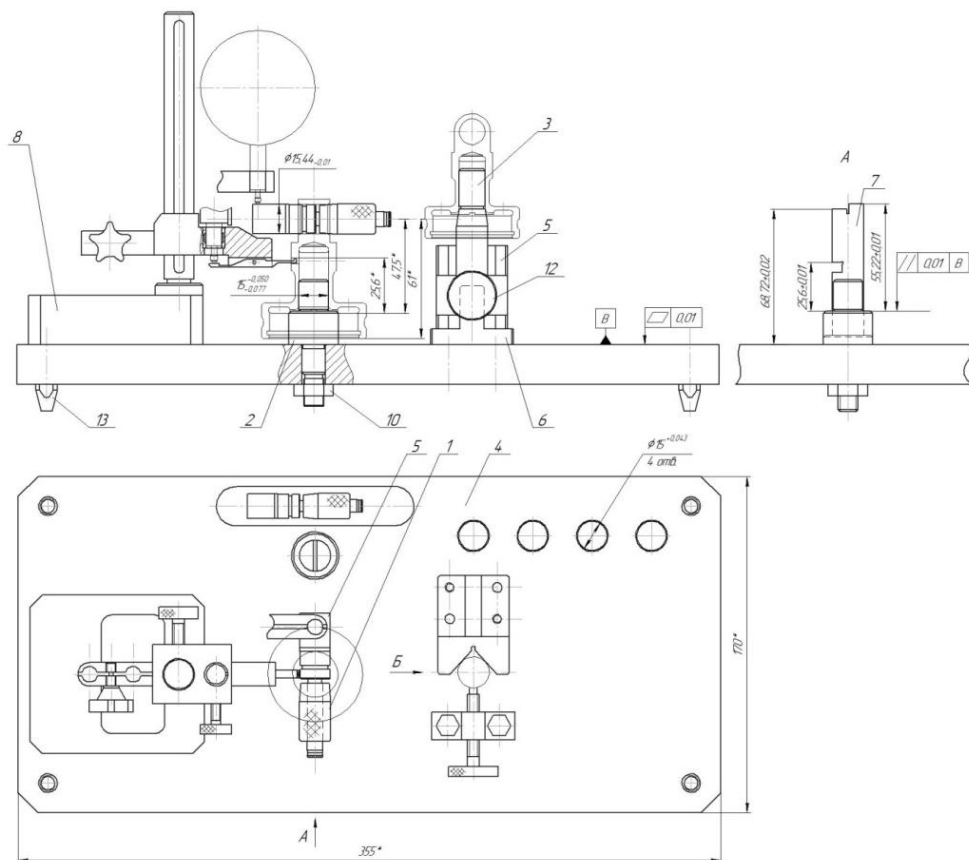


Рисунок 2.2 – Пристосування для контролю биття та площинності.

1 – втулка, 2 – палець, 3 – палець змінний, 4 – плита, 5 – призма,
6 – стійка, 8 – стійка, 10 – гайка, 12 – гвинт, 13 – ніжка М8.

Конструкція приладу:

на приладі присутній палець, який служить базою при контролюванні розмірів $47,5 \pm 0,1$, $25,6 \pm 0,1$. Контроль всіх розмірів відбувається з використанням стійки поз. 8 з датчиком. При контролюванні розміру $61 \pm 0,3$ опорною базою є плита поз. 4. Специфікація наведена в додатку Б.

Методика вимірювання розміру $61 \pm 0,3$:

- а) встановити деталь на плиту поз. 4, попередньо знявши палець поз. 2;
- б) в провущину $\varnothing 15_{-0,017}^{-0,006}$ вставити конусну оправу, яка складається з поз. 5 та втулки поз. 1;
- в) підвести стійку поз. 8 без важіля до контрольного установу поз. 7, налаштувати на розмір;
- г) підвести стійку поз. 8 до конусної оправы та проконтролювати розмір $61 \pm 0,3$.

Методика вимірювання розміру $47,5 \pm 0,1$:

- а) встановити деталь на палець поз. 2;
- б) в провущину $\varnothing 15_{-0,017}^{-0,006}$ вставити конусну оправу, поз. 5, 1;
- в) підвести стійку поз. 8 без важіля до контрольного установу поз. 7, налаштувати на розмір;
- г) підвести стійку поз. 8 до конусної оправы та проконтролювати розмір $47,5 \pm 0,1$.

Методика вимірювання розміру $25,6 \pm 0,1$:

- а) встановити деталь на палець поз. 2;
- б) в провущину $\varnothing 15_{-0,017}^{-0,006}$ вставити конусну оправу, поз. 5, 1;
- в) підвести стійку поз. 8 без важіля до контрольного установу поз. 7, налаштувати на розмір;
- г) підвести стійку поз. 8 до конусної оправы та проконтролювати розмір $25,6 \pm 0,1$.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання $[\epsilon_{\text{вим}}]$ для даного пристосування за вказаним контрольованим параметром – радіальне биття з допуском 0,03 мм. На основі [9, табл.3.1, стр.129] приймаємо $[\epsilon_{\text{вим}}]=0,007$ мм. Визначаємо фактичну похибку вимірювань для даного контрольного пристосування, яка повинна бути менше або дорівнювати допустимій похибці за формулою [9]:

$$\epsilon_{\text{вим}} = \epsilon_{\text{иу}} + \epsilon_{\text{ип}} + \epsilon_{\text{им}} + \sqrt{(\epsilon_{\text{нб}}^2 + \epsilon_{\text{з}}^2 + \epsilon_{\text{ис}}^2 + \epsilon_{\text{зп}}^2 + \epsilon_{\text{см}}^2 + \epsilon_{\text{інш}}^2)} \quad (2.11)$$

де $\epsilon_{\text{иу}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і неточності їх розташування на корпусі КВП при його складанні;

$\epsilon_{\text{ип}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення передавальних елементів, важелів, штифтів, стрижнів;

$\epsilon_{\text{им}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і еталонних деталей;

$\epsilon_{\text{нб}}$ – похибка, яка є причиною несуміщення вимірювальної та технологічної баз;

$\epsilon_{\text{з}}$ – похибка, яка з'являється в результаті закріплення вимірювальної деталі внаслідок її можливої деформації;

$\epsilon_{\text{ис}}$ – похибка, яка залежить від вимірювальної сили і з'являється в результаті зсуву вимірювальної бази від початкового положення в процесі виміру;

$\epsilon_{\text{зп}}$ – похибка, що виникає внаслідок виникання зазорів між осями важелів передавальних пристроїв при їх наявності;

$\epsilon_{\text{см}}$ – похибка використовуваної ціни вимірів;

$\epsilon_{\text{інш}}$ – інші похибки, викликані дією випадкових чинників в процесі контролю.

Знаходимо складові сумарної похибки вимірювання, які можна виключити з розрахункової формули у зв'язку з особливостями конструкції пристосування та використовуваною схемою вимірювання [9].

Похибка виготовлення встановлюваних елементів пристосування (в даному випадку - втулка) не впливає на процес виміру, тому складова $\varepsilon_{\text{ву}}$ виключається.

Пристосування призначене для контролю биття однієї поверхні відносно іншої, тобто в наявності - суміщення вимірювальної і конструкторської баз, тому складову $\varepsilon_{\text{нб}}$ теж можна виключити.

Бачимо, що при контролі не відбудеться зміщення вимірювальної бази деталі від заданого положення під дією вимірювальних сил, тому що контролер підтискає деталь до настановних поверхонь. Тому складова $\varepsilon_{\text{ис}}$ виключається.

У конструкції пристосування відсутні передавальні та затискні елементи і не використовуються еталони, тому виключаємо похибки $\varepsilon_{\text{им}}$, $\varepsilon_{\text{з}}$, $\varepsilon_{\text{ип}}$.

Кінцевою приймаємо таку розрахункову формулу [9]:

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \sqrt{(\varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{см}}^2 + \varepsilon_{\text{інш}}^2)} \quad (2.12)$$

Засобом вимірювання в даному пристосуванні є індикатор годинникового типу ИЧ1 з ціною поділки 0,005 мм і діапазоном вимірювання 0-1 мм. [9, табл. 3.3, стор 148], похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{\text{си}}=0,0042$ мм.

Інші похибки визначаємо як частину допуску неконтрольованого параметру:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{інш}} &= 0,02 \cdot 0,06 = 0,0012 \text{ мм;} \\ \varepsilon_{\text{вим}} &= \sqrt{(0,0042^2 + 0,0012^2)} = 0,0044 \text{ мм} \end{aligned}$$

Перевіряємо умову придатності даного пристосування, порівнюючи отримане значення фактичної похибки вимірювання з найбільшим допустимим значенням:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{вим}} &\leq [\varepsilon_{\text{вим}}] \\ 0,0044 &\leq 0,005\end{aligned}$$

Умова виконується. Отже, це контрольно-вимірювальне пристосування повністю задовольняє вимогам точності вимірювального оснащення і може використовуватися для виконання контрольної операції.

3 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

3.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Модель деталі (рис. 3.1) після розбиття на кінцеві елементи вільною сіткою, (рис. 3.2), фіксується за всіма шістьма ступенями волі верхньою частиною отвору $\varnothing 15_{-0,017}^{-0,006}$; навантаження діє на внутрішню сторону фланця (рис. 3.3). Візуалізація результатів розрахунку після завдання властивостей матеріалу та граничних умов у програмному модулі ANSYS зображено на рисунку 3.4.

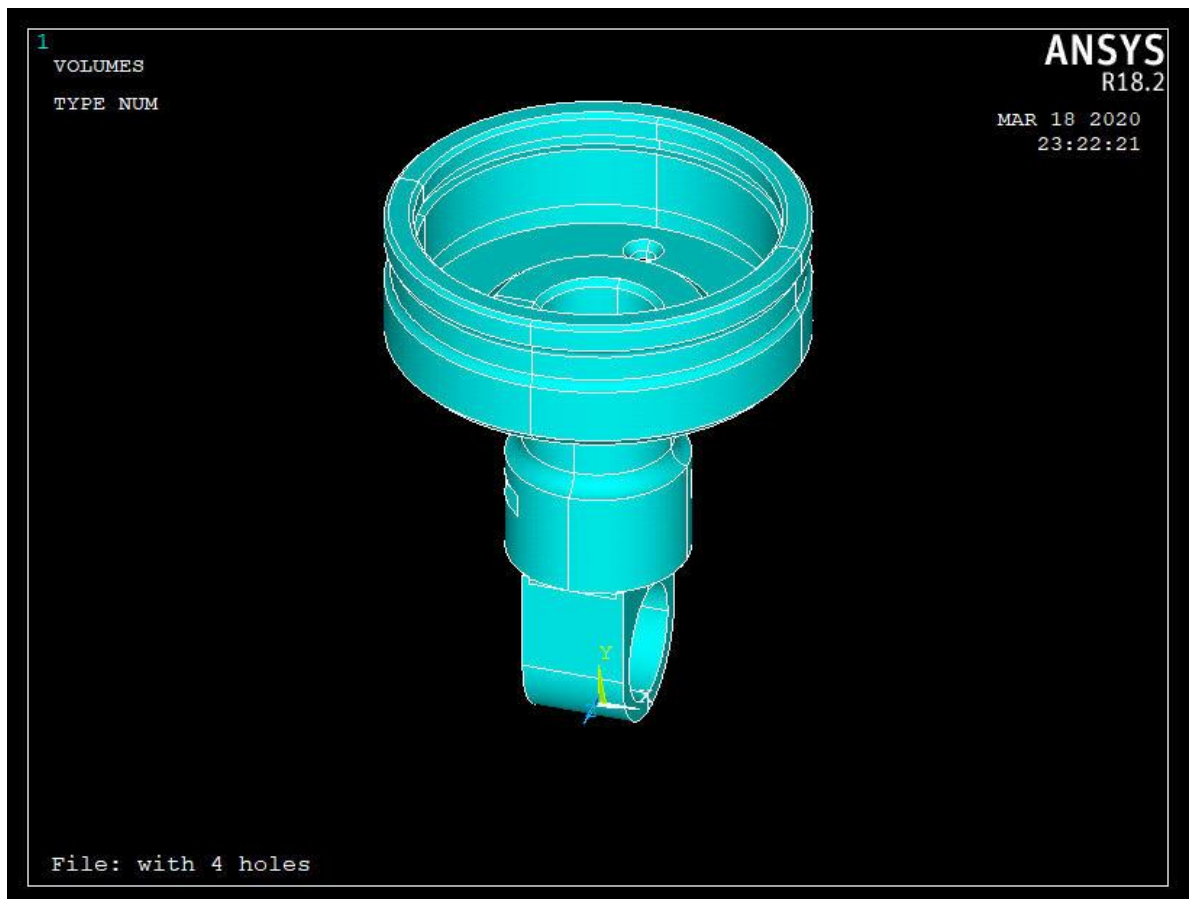


Рисунок 3.1 – Зображення моделі деталі «корпус».

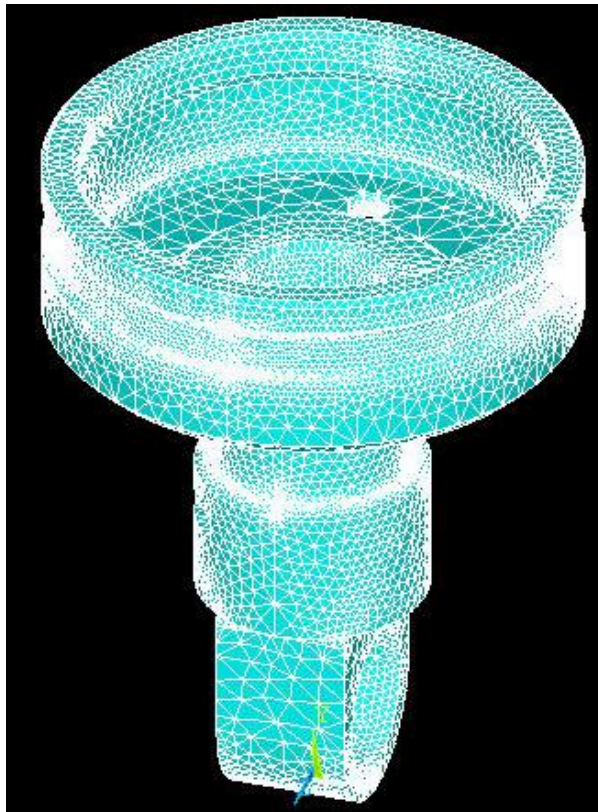


Рисунок 3.2 – Зображення кінцево-елементної моделі деталі.

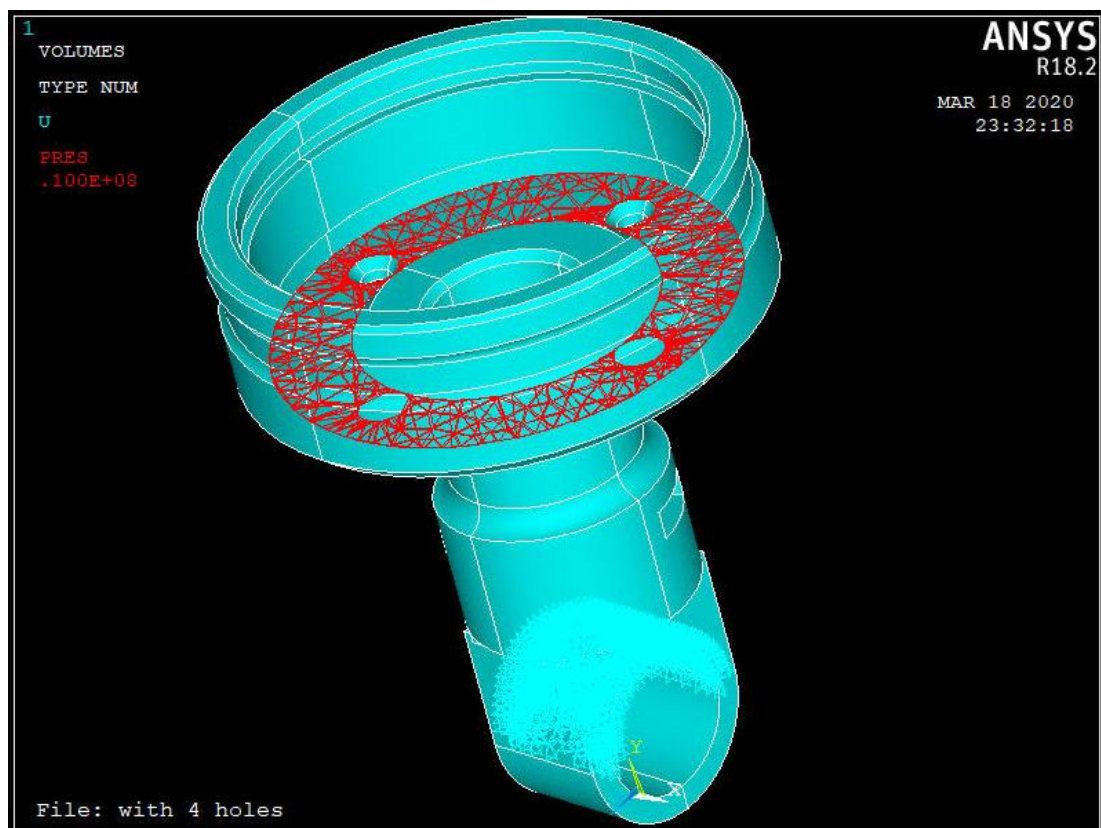


Рисунок 3.3 – Зображення моделі деталі з визначеними зонами фіксації та напружень.

Границя міцності матеріалу при розтягуванні $[\sigma_b]=1130$ МПа.

Допустимий коефіцієнт запасу міцності авіабудівної промисловості $[n]=2...5$.

Для визначення оптимального значення коефіцієнту запасу міцності для даної деталі, було прикладено навантаження 5 МПа (рис. 3.4), 10 МПа (рис. 3.5), 20 МПа (рис. 3.6). Результати проведених розрахунків занесено до табл.3.1.

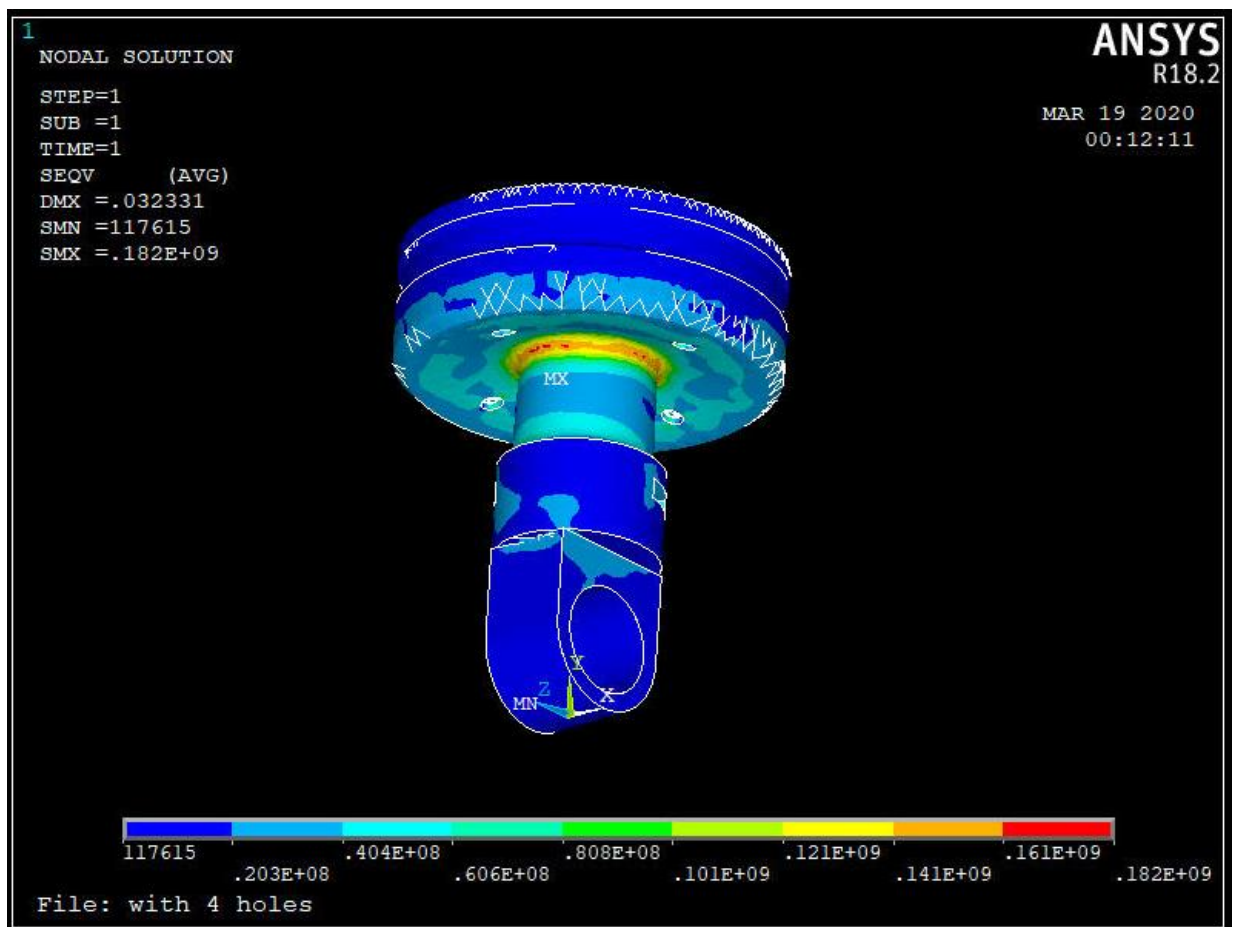


Рисунок 3.4 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану (НДС) після прикладеного навантаження 5 МПа.

Небезпечний переріз знаходиться в зовнішньому радіусному переході фланцевої частини (рис. 3.4-3.6).

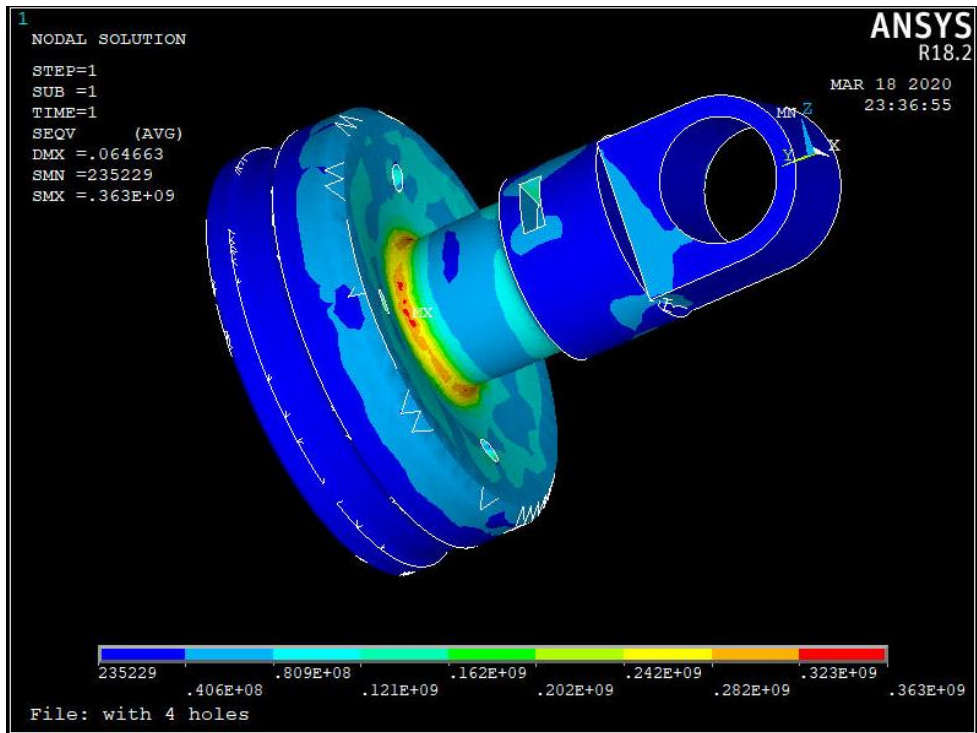


Рисунок 3.5 – Модель деталі з відображенням НДС після прикладеного навантаження 10 МПа.

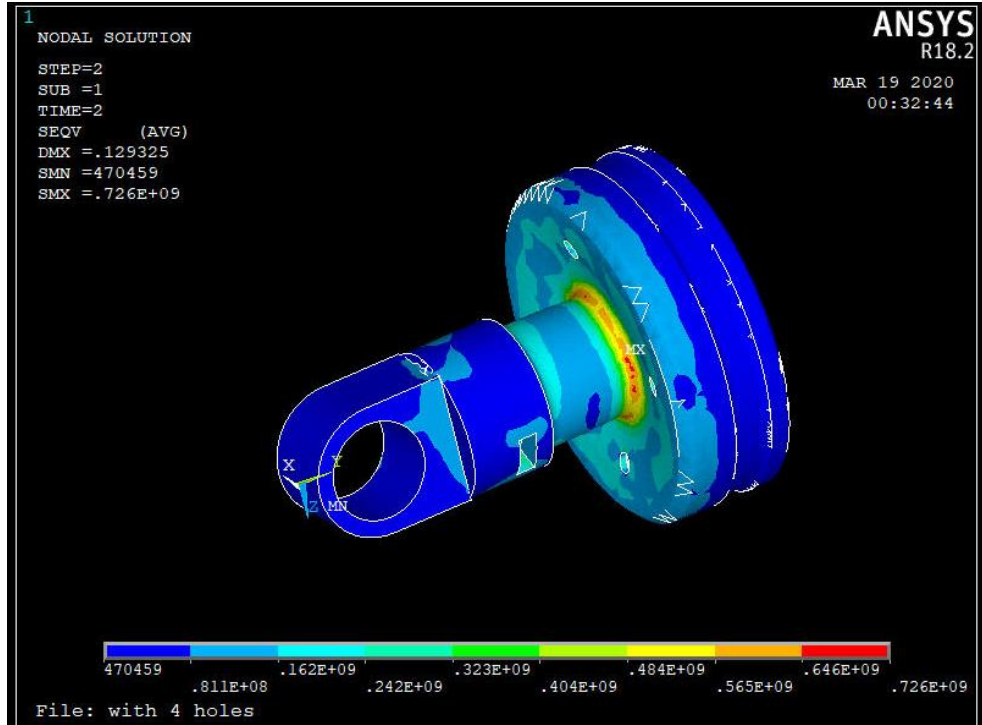


Рисунок 3.6 – Модель деталі з відображенням НДС після прикладеного навантаження 20 МПа.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків НДС та коефіцієнту запасу міцності.

Прикладене навантаження σ_0 , МПа	Максимальне навантаження $\sigma_{\max}$, МПа	Коефіцієнт запасу міцності, n
5	182	6,21
10	363	3,11
20	726	1,56

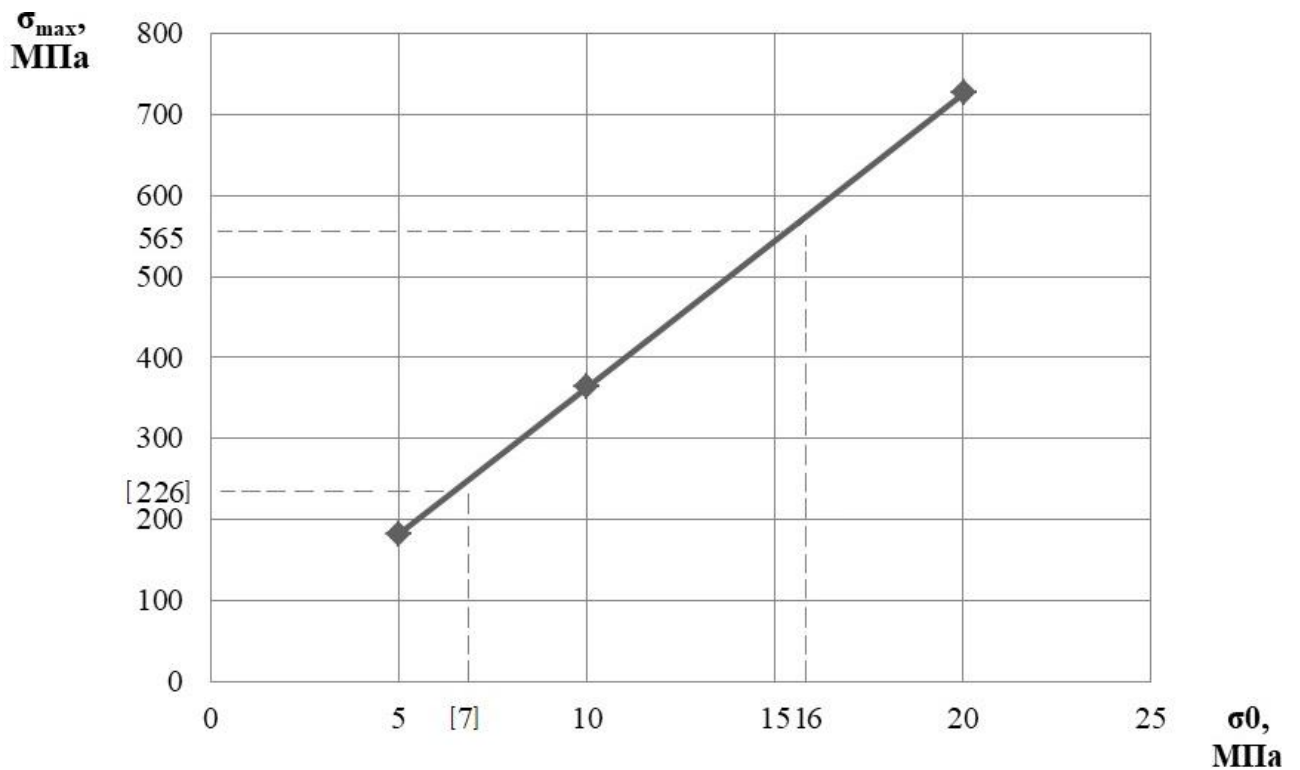


Рисунок 3.7 – Графік залежності максимального навантаження $\sigma_{\max}$ від прикладеного σ_0 .

За результатами, наведеними в таблиці 3.1 та графіку (рис. 3.7), можна зробити висновок, що оптимальне прикладене навантаження - 10 МПа, тому що коефіцієнт запасу міцності при 10 МПа входить в межі допустимого. Тому для подальших розрахунків було обране саме це значення.

Загалом для забезпечення $n_\sigma=2\dots5$ ($\sigma_{\max}=226\dots565$ МПа) навантаження повинно вкладатися в діапазон $\sigma_0=7\dots16$ МПа. Граничне значення $[\sigma_0]=7$ МПа.

3.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

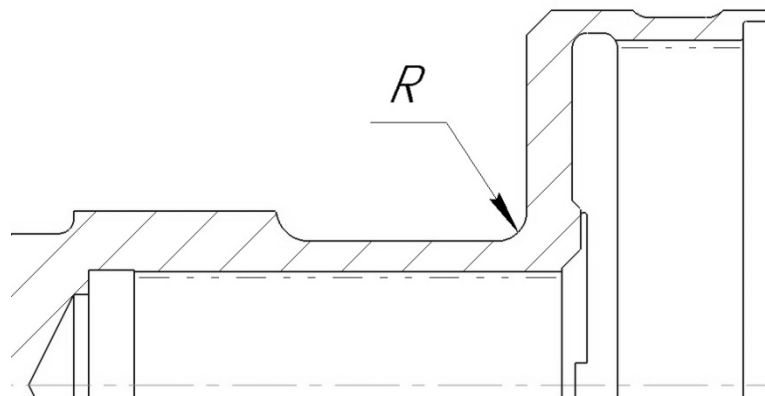


Рисунок 3.8 – Ділянка деталі, яка підлягає зміні.

Під зміною конструкції деталі розуміємо зміну радіусу R (рис. 3.8), що є концентратором напружень. Змінені радіуси та результати розрахунків в ANSYS заносимо до табл.3.2. Графічні види розрахунків зображено на рисунках 3.9-3.12.

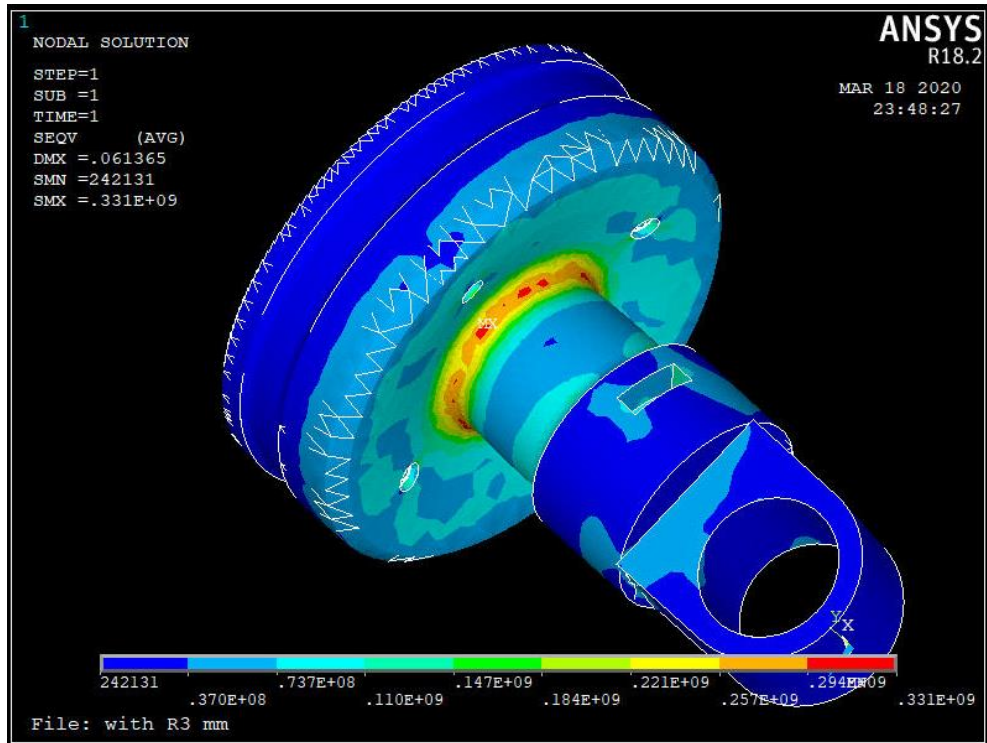


Рисунок 3.9 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на $R=3$ мм.

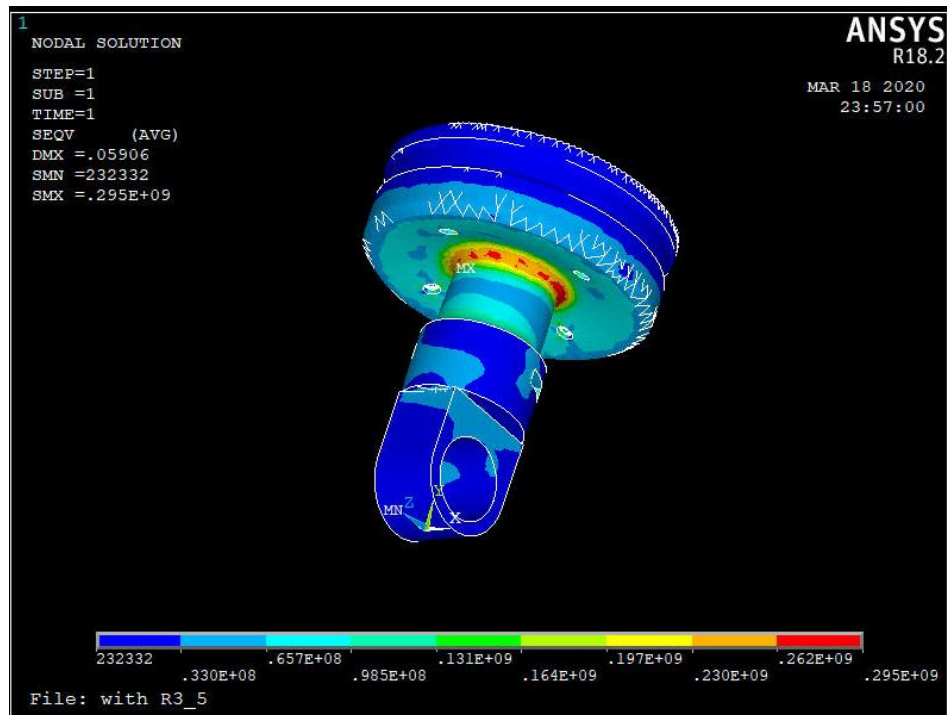


Рисунок 3.10 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на $R=3,5$ мм.

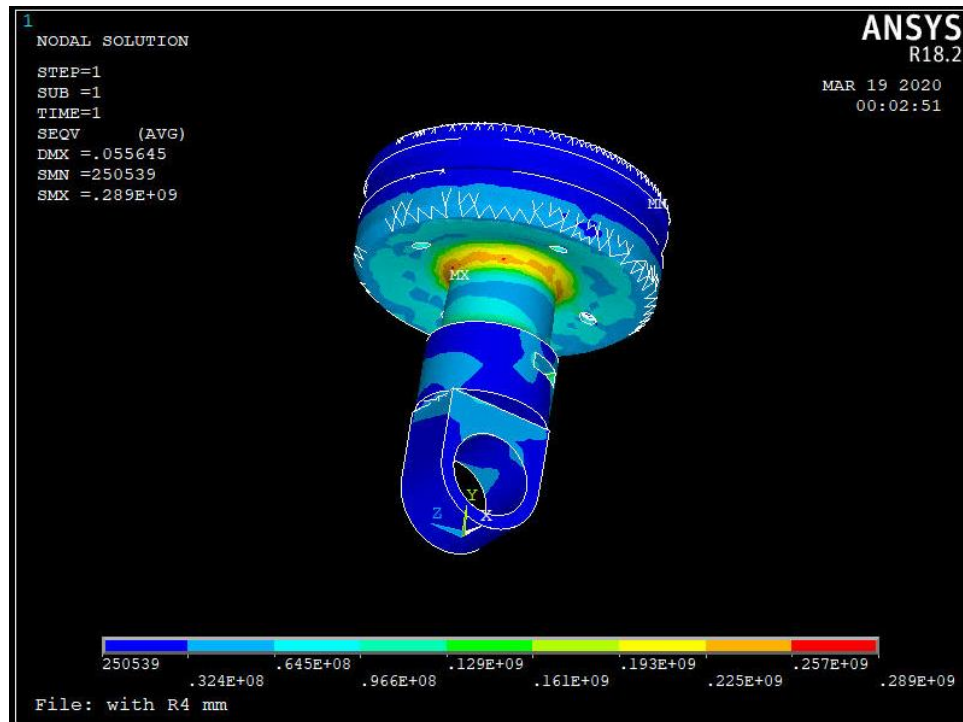


Рисунок 3.11 – Модель деталі з відображенням напружено–деформованого стану після зміни радіусу на R=4 мм.

Таблиця 3.2 – Результати визначення НДС при зміні радіусу (рис. 3.7).

Радіус, що підлягає зміні	σ_0 , МПа, сумарне прикладене навантаження	Максимальне напруження $\sigma_{\max}$, МПа
R2,5	10	363
R3		331
R3,5		295
R4		289

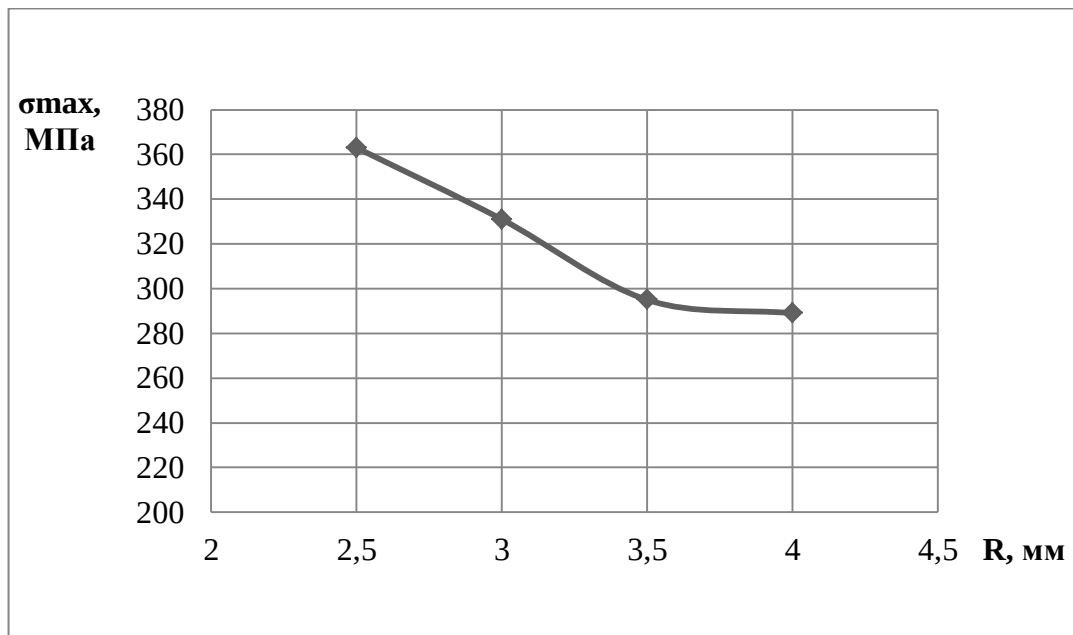


Рисунок 3.12 – Графік залежності $\sigma_{\max}$ від величини радіусів.

3.3 Оптимізація геометрії деталі

За результатами зміни R (рис. 3.5) можна зробити висновок, що зі збільшенням величини радіусу, напруження стрімко зменшується до значення $R_{3,5}$ мм.

Рекомендація заходів щодо оптимізації геометрії деталі: підвищити значення радіусу (рис. 3.5) до $R_{3,5}$ мм, якщо це не буде заважати подальшій експлуатації та функціям деталі.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ СЛЮСАРНИХ РОБІТ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІБРОГАЛТОВКИ

На двигунах з великим ресурсом зі збільшенням напрацювання відбувається зниження якості відповідальних поверхонь деталей, що призводить до зниження їх опору втомі. Особливо значиме знеміцнення таких поверхонь спостерігається на двигунах, які експлуатувалися при несприятливих умовах, які призводять до ерозії та виникнення механічних пошкоджень у виді дрібних точкових забоїв та вм'ятин.

Можливість відновлення несучої здатності відповідальних поверхонь деталей при чергових ремонтах двигунів та видалення задирок і заокруглення гострих крайок у серійних деталях в нинішній час обмежується великою трудомісткістю технології ремонту при існуючих способах застосування ручного полірування. До того ж ручне полірування супроводжується створенням нестабільного поверхневого шару, часто з високим рівнем розтягуючих залишкових напружень та навіть прижогами, які знижують опір втомному руйнуванню [7].

Застосування спеціалізованих полірувальних машин доволі нещодавно мало багато обмежень, тому полірування було ручним. При цьому для прискорення та полегшення процесу використовувався ручний механізований інструмент (рис. 4.1).

Важлива роль в цьому процесі належала безпосередньо саме робочому – полірувальнику. Він повинен був володіти багатьма апробованими прийомами та хитрощами, які набувалися нерідко роками. Кожен майстер мав свою, тільки йому притаманну техніку слюсарної обробки. В цілому, полірування було взаємодією полірувальних засобів, інструменту та накопиченого досвіду.

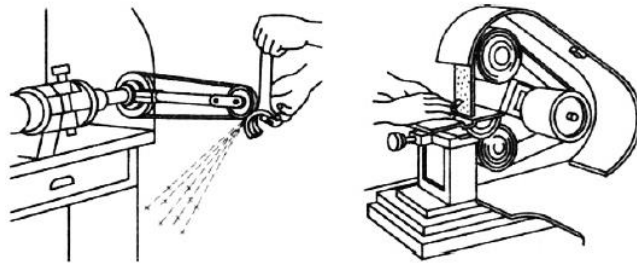
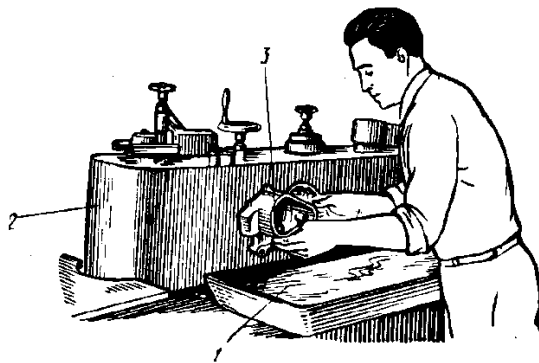


Рисунок 4.1 – Зображення полірування на ручній машині при зачистці деталі [13].

Для полірування використовувалися також спеціальні шліфувальні верстати (рис. 4.2), оснащені еластичними войлочними і матерчатими кругами з нанесеними на них полірувальними пастами. Останні включають в себе мікропорошок, зв'язки і добавки поверхнево-активних речовин, що мають активуючий вплив на оброблювану поверхню металу. Типова паста складається з 60-70% абразиву і 30-40% зв'язки. Зміст активуючих добавок не перевищує 2%.



1 – ємкість для відходів процесу полірування; 2 – абразивна стрічка;
3 – оброблювана деталь

Рисунок 4.2 – Зображення ручного полірування абразивною стрічкою площини корпусної деталі [13].

Тому, коли в 1950-х роках було винайдено віброгалтовку, це стало дійсно проривом, який зробив величезний вплив на багато галузей металообробної промисловості. Вона дозволила зробити великий крок від

ручного зняття задирок і полірування до механізованої обробки. Також вражає, що механічне шліфування поверхонь значно скоротило витрати на слюсарну та фінішну обробку, і в той же час призвело до значного поліпшення якості та більш стабільного результату цієї обробки. При таких очевидних вартісних і технічних перевагах не дивно, що в 1950-х роках великі міжнародні автомобільні компанії, такі як «Volkswagen», «Mercedes Benz» тощо чекали понад три роки поставки звичайної віброгалтовочної машини.

Відтоді така фінішна обробка постійно оновлювалась та удосконалювалась, перетворюючись у вузькоспеціалізовану технологію для зняття задирок, заокруглення крайок та вирівнювання поверхонь або полірування з високим рівнем глянцею не тільки металу, але і пластикових, дерев'яних і керамічних деталей в різних галузях промисловості. Поряд з цим було розроблено зовсім нові концепції обладнання, такі як машини для фінішної обробки волочінням, надвеликі машини для фінішної обробки тощо. Сучасна технологія - це роторні віброгалтовочні машини без центрального купола, що забезпечують механізовану обробку найскладніших деталей.



Рисунок 4.3 – Зображення роторної машини без центрального купола [13].

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІБРОГАЛТОВКИ

Роторні віброгалтовочні машини на сьогоднішній день є найпоширенішими машинами для фінішної обробки. В усьому світі сотні тисяч установок працюють в найрізноманітніших галузях промисловості, таких як автомобілебудування, авіакосмічна промисловість, ювелірна, стоматологічна і ортопедична імплантація тощо. Зазвичай вони оснащені вібраційним двигуном, розташованим в центральному куполі технологічної чаші, де заготовки вільно падають в обробне середовище (рис. 1). Стандартні роторні вібратори відмінно підходять для обробки великих обсягів відносно невеликих та не дуже тонкостінних заготовок [10].

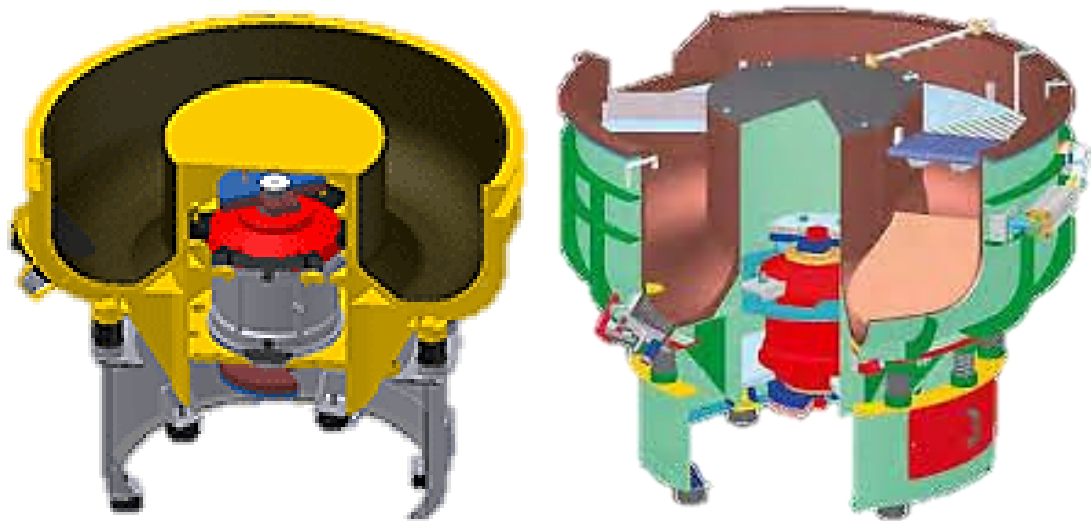


Рисунок 5.1 – Стандартна віброгалтовочна машина для фінішної обробки з вібраційним мотором, розташованим в центральному куполі [10].

Згодом, зі зміною конструкції та дизайну, збільшився обсяг робіт, які можна виконувати, використовуючи даний пристрій. Простим розміщенням віброприводу під технологічним барабаном (рис. 5.2) або розмістивши одразу два вібраційних двигуна (рис. 5.3), тобто без центрального купола, було

створено абсолютно нові можливості для обробки складних заготовок будь-яких розмірів, від дуже маленьких до дуже великих, які на теперішній час доводилося обробляти вручну [10].

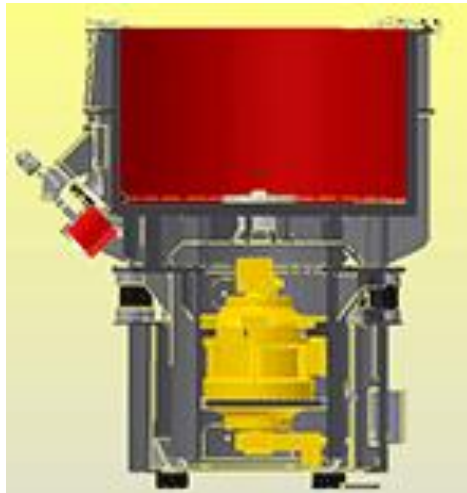


Рисунок 5.2 – Роторна віброгалтовочна машина «DL» для фінішної обробки з вібраційним мотором, розташованим під технологічним барабаном [10].



Рисунок 5.3 – Роторна віброгалтовочна машина «DL» для фінішної обробки з двома вібраційними моторами, розташованими за межами технологічного барабану [10].

Нова концепція дала наступні технічні переваги для деталей, що міцно закріплені на дні технологічної чаші:

а) тиск між оброблюваною деталлю та середовищем значно вище. Це призводить до збільшення інтенсивності процесу на 30%;

б) засоби масової обробки однаково ефективні як для внутрішніх, так і для зовнішніх важкодоступних поверхонь;

в) деталі міцно закріплені і не стикаються одна з одною під час процесу, отже не з'являються нові подряпини;

г) дуже тонкі, філігранні контури завжди залишаються непошкодженими;

д) більш висока інтенсивність обробки дозволяє використовувати менші за розміром носії (робочі тіла, наповнювачі) [10].

Усунення центрального куполу дозволяє обробляти кілька дрібних деталей або один великий компонент. Існують віброгалтовочні машини «DL», які можуть обробляти заготовки діаметром до 1600 мм і вагою понад 2000 кг (рис.5.4).



Рисунок 5.4 – Приклади великогабаритних деталей, які піддавалися віброгалтовці [11].

Приклади вдалого використання віброгалтовочних машин для вирішення завдань важкооброблюваних поверхонь:

а) завдання: оздоблення чашок для протезів тазостегнового суглоба. Ввігнута область чашок повинна бути надзвичайно гладкою, тому що вона містить рухливу голівку суглоба з поліетилену для забезпечення легкого руху стегна.

Вирішення: роторна віброгалтовочна машина «DL» зі спеціальним пристроєм для заготовки на дні технологічної чаші. 2-ступінчастий процес досягає значення Rz 0,1 мкм на увігнутій області чашки суглоба.

б) завдання: згладжування парових каналів в рамі маточини вентилятора для реактивного двигуна ($\varnothing$ 1700 мм). Парові канали повинні бути згладжені з Ra від 1,6 мкм до 3,2 мкм.

Вирішення: надвелика роторна віброгалтовочна машина «DL» зі спеціальним пристосуванням для фіксації заготовки, що утримує по одній заготовці за раз. Необхідні значення Ra досягаються протягом часу обробки менше 10 годин.

Роторна віброгалтовочна машина «DL» без центрального купола відкрила зовсім нові можливості для механізованої обробки широкого спектру, що не тільки усунуло недоліки ручної обробки, а й забезпечило стабільні, абсолютно відтворювані результати фінішної обробки деталей з різних галузей промисловості [11] (рис.5.5).



Рисунок 5.5 – Приклади деталей, які піддавалися віброгалтовці [11].

Також сьогодні такі машини ще більш модернізують та автоматизують. Наприклад, машини оснащують електромагнітними затискними пристроями для легкої фіксації заготовок на дні технологічної чаші. Або ж робоче середовище може автоматично вивантажуватись з технологічного барабана для легкого вилучення готових деталей і розміщення нових, необроблених заготовок в машині [10].

Просте усунення центрального купола зі звичайних роторних віброгалтовочних машин відкрило зовсім нові можливості механізованої фінішної обробки складних деталей, яку до сих пір доводилося виконувати дорогими, досить ненадійними операціями ручного зняття задирок, шліфування й полірування. У багатьох областях застосування інноваційних роторних віброгалтовочних машин «DL» показало, що вони дають чудові результати оздоблювально–зміцнюючої обробки при незначних витратах, порівняно з ручною, яку вони витіснили [11].

Суміш у віброгалтовочному пристрої може бути різною, одним із прикладів була віброгалтовка спочатку стальними кульками $\varnothing 2,5\text{--}3\text{ мм}$ та наповнювачем – теплою водою, яка містить абразивну пасту, та кінцеве – стальними кульками $\varnothing 2\text{ мм}$ з наповнювачем – антикорозійною рідиною ГЖ–1. Коливання контейнеру здійснювалися у трьох взаємно перпендикулярних напрямках з частотою біля 17 Гц. Максимальна віброшвидкість сягала 0,96 м/с. Тривалість початкової віброгалтовки – 60 хв, а кінцевої – 20 хв.

Розглянемо ефективність застосування віброгалтовки на прикладі фінішної обробки деталей компресора. Шорсткість поверхонь деталей після напрацювання була повністю відтворена та навіть зменшена. При цьому видалився пошкоджений ерозією шар металу та механічні пошкодження глибиною до 0,02–0,03 мм; більш великі пошкодження в значній мірі згладжувалися.

За результатами випробувань деталей на втому до та після віброгалтовки побудовано криві втоми (рис.5.6, 5.7), значення границь витривалості приведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристика деталей та значень меж витривалості.

Напрацювання деталей, год.	Границя витривалості, МПа		Відносне значення границі витривалості, %	Підвищення границь витривалості після відновлення, %
	До відновлення	Після відновлення		
Без напруцювання	410	—	100	—
1000	380	440	92,8	15,8
2000	390	430	95,1	10,2
4000	360	420	87,8	16,6

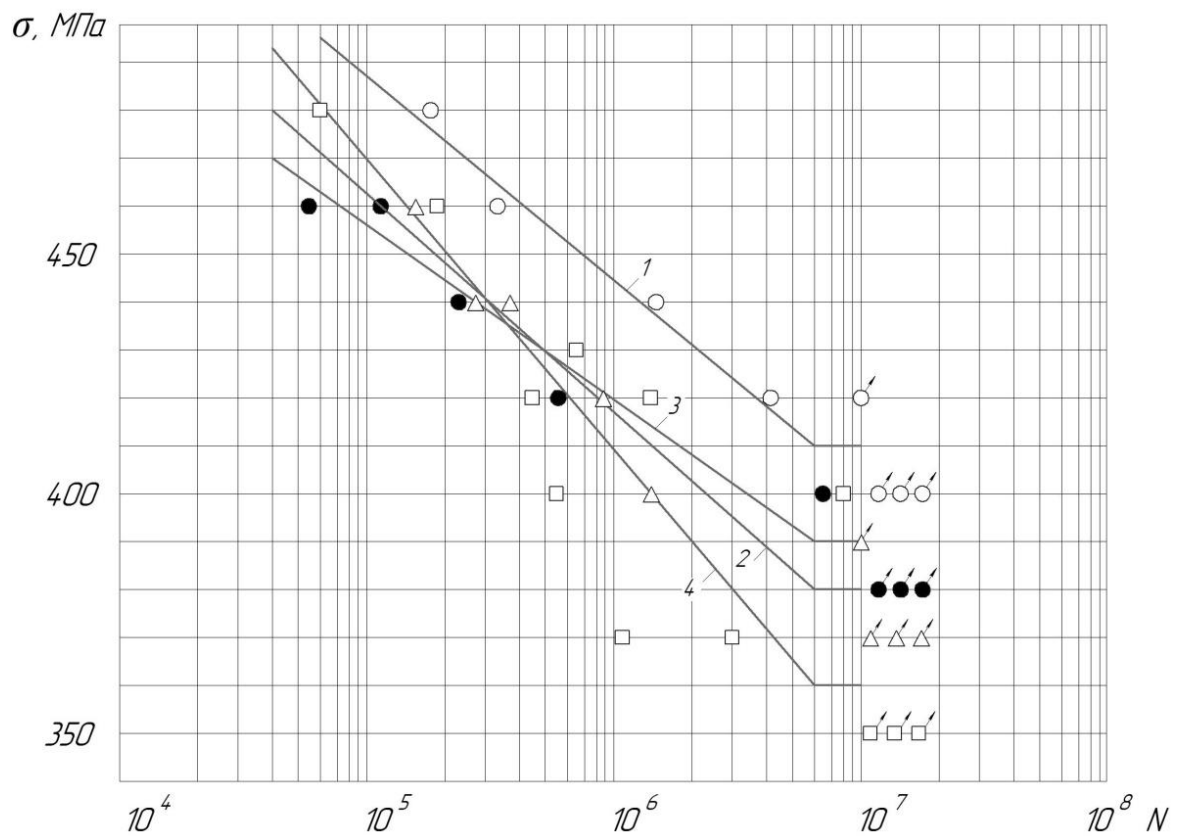


Рисунок 5.6 – Криві витривалості деталей компресора зі сталі 14X17H2Ш:

1 – без напруцювання (вихідні); 2 – з напруцюванням 1000 годин; 3 –
2000 годин; 4 – 4000 годин [7].

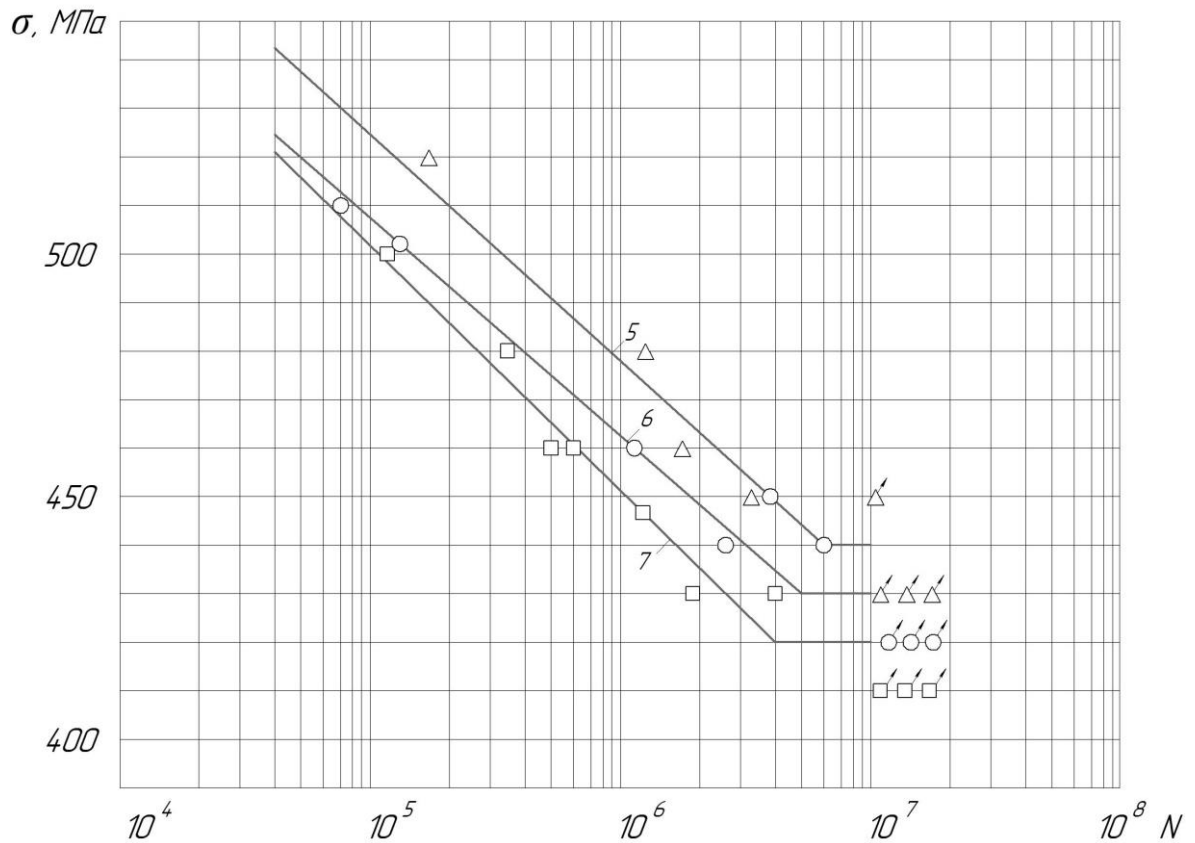


Рисунок 5.7 – Криві витривалості деталей компресора зі сталі 14X17H2Ш, відновлених віброгалтовкою: 5 – після напрацювання 1000 годин; 6 – 2000 годин; 7 – 4000 годин [7].

З рис. 5.6–5.7 видно, що всі деталі, що були в експлуатації, незалежно від тривалості напрацювання, до відновлення мали опір втомі нижче початкового. При цьому найбільш низькі границі витривалості спостерігались у деталей з напрацюванням 4000 годин. Спільний аналіз результатів дослідів властивостей поверхневого шару та опору втомі показує, що основною причиною цього є пошкодження ерозією поверхневого шару. В результаті покращення властивостей поверхневого шару віброгалтовкою границя витривалості деталей збільшилась та навіть стала вище, ніж була до напрацювання (рис. 5.7). Як видно з табл. 5.1, збільшення границі витривалості при цьому сягало 10–16 %. Значно зменшувалося розсіювання довговічності, що свідчить про утворення стабільних властивостей поверхневого шару. Віброгалтовка покращує якість поверхні деталей

компресора після довготривалої експлуатації, при цьому повністю видаляє пошкоджений ерозією шар та механічні пошкодження глибиною від 0,02 – 0,03 мм. В поверхневому шарі знаходяться тільки залишкові напруження стиснення порівняно невисокого рівня. В результаті покращення якості поверхні деталей відновлюється їх опір втомі.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

У даному дипломному проєкті для отримання ефекту підвищення техніко-економічних показників було об'єднано операцію фрезерну, яка виконувалася на горизонтально-фрезерному верстаті, та фрезерну, яка виконувалася на вертикально-фрезерному, в одну операцію на вертикально-фрезерному верстаті FB 40 V.

Розрахунок річної економії за рахунок об'єднання операцій без врахування вартості основного матеріалу [12, с.91]:

$$E_{\text{річ}} = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \quad (6.1)$$

де $C_{1/2}$ – технологічна собівартість одиниці продукції до і після заміни обладнання;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат;

$K_{1/2}$ – питомі капітальні витрати до і після заміни обладнання, що приходять на одиницю продукції розраховуються за формулою [12].

$$K_1 = V_{\text{бал1}} / N \quad K_2 = V_{\text{бал2}} / N \quad (6.2)$$

де $V_{\text{бал1}}, V_{\text{бал2}}$ – балансова вартість обладнання до і після заміни грн./шт.

Частіше всього технологічна собівартість на одиницю продукції включає такі статті витрат, наведених в формулі [12]:

$$C = M + Z_o + A_v + B_p + B_e + B_{in} + B_{пр} \quad (6.3)$$

де M – вартість основних матеріалів, грн/шт, розраховується за формулою [12]:

$$M = H_v \cdot \Pi_m - B \cdot \Pi_v \quad (6.4)$$

де H_B – норма витрати матеріалу на одиницю продукції, кг;

Π_M – ціна матеріалу за 1 кг, грн/кг;

B – величина відходів на одиницю продукції, кг;

Π_B – ціна відходів за 1 кг, грн/кг.

Z_o – основна заробітна плата основних робочих, грн/шт, розраховується за формулою [12]:

$$Z_o = P_{\text{від.сум}} \quad (6.5)$$

де $P_{\text{від.сум}}$ – відрядна сумарна розцінка за всіма операціями технологічного процесу.

A_B – амортизаційні відрахування на деталь, грн/шт, розраховується за формулою [12]:

$$A_B = B_{\text{бал}} \cdot H_a / (100 \cdot N) \quad (6.6)$$

де $B_{\text{бал}}$ – балансова вартість обладнання, грн/шт;

H_a – норма амортизації, %.

B_p – витрати на ремонт, грн/шт, розраховуються за формулою [12]:

$$B_p = 0,5 \cdot A_B \quad (6.7)$$

B_e – витрати на силову енергію, грн/шт, розраховуються за формулою [12]:

$$B_e = (N_{\text{обл}} \cdot K_n \cdot T_{\text{маш}} \cdot \Pi_B) / 60 \quad (6.8)$$

де $N_{\text{обл}}$ – потужність встановленого обладнання, кВт;

K_n – коефіцієнт попиту 0,7–0,9;

$T_{\text{маш}}$ – машинний час на операції, хв.;

$\Pi_{\text{в}}$ – ціна кВт/год. силової енергії, грн./кВт.

$B_{\text{ін}}$ – витрати на ріжучий інструмент грн., розраховуються за формулою [12]:

$$B_{\text{ін}} = B_{\text{хв}} \cdot T_{\text{маш}} \cdot K_{\text{под}} \quad (6.9)$$

де $B_{\text{хв}}$ – вартість експлуатації однієї хвилини ріжучого інструменту, грн./хв.;

$K_{\text{под}}$ – коефіцієнт подорожчання інструменту.

$B_{\text{пр}}$ – витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, що займає обладнання, грн./шт. [12]:

$$B_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{вир}} \cdot K_{\text{дод}} \cdot T_{\text{шт}} \cdot C_{\text{прим}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}}} \quad (6.10)$$

де $S_{\text{вир}}$ – виробнича площа, яку займає старе та нове обладнання, м²;

$K_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу;

$C_{\text{прим}}$ – вартість експлуатації приміщення, що займає обладнання, грн./шт.;

$K_{\text{вн}}$ – коефіцієнт використання ефективного часу.

Розрахунок технологічної собівартості до заміни обладнання.

Вартість основних матеріалів розраховується за формулою (6.4):

$$M = 0,62 \cdot 3,5 - 0,15 \cdot 0,14 = 2,149 \text{ грн./шт.}$$

Основна заробітна плата основних робочих розраховується за формулою (6.5):

$$Z_o = 2,36 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (6.6):

$$A_{\text{в}} = \frac{201000 \cdot 24}{100 \cdot 1500} = 32,16 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (6.7):

$$B_{\text{р}} = 0,5 \cdot 32,16 = 16,08 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (6.8):

$$B_{\text{е}} = \frac{3,5 \cdot 0,7 \cdot 1,8 \cdot 0,75}{60} = 0,055 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент розраховуються за формулою (6.9):

$$B_{\text{ін}} = \frac{1,55 \cdot 1,8 \cdot 1,14}{60} = 0,053 \text{ грн./шт.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, що займає обладнання, розраховуються за формулою (6.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{9,6 \cdot 2 \cdot 2,87 \cdot 1000}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 0,227 \text{ грн./шт.}$$

Технологічну собівартість до заміни обладнання розраховуємо за формулою (6.3):

$$C_1 = 2,149 + 2,36 + 32,16 + 16,08 + 0,055 + 0,053 + 0,227 = 53,084 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості після заміни обладнання.

Вартість основних матеріалів розраховується за формулою (6.4):

$$M=0,55 \cdot 3,15 - 0,15 \cdot 0,14 = 1,711 \text{ грн./шт.}$$

Основна заробітна плата основних робочих розраховується за формулою (6.5):

$$З_o = 1,57 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (6.6):

$$A_b = \frac{136000 \cdot 24}{100 \cdot 1500} = 21,76 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot 21,76 = 10,88 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (6.8):

$$B_e = \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 0,235 \cdot 0,75}{60} = 0,008 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент розраховуються за формулою (6.9):

$$B_{in} = \frac{1,23 \cdot 0,235 \cdot 1,14}{60} = 0,005 \text{ грн./шт.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, яке займає обладнання, розраховуються за формулою (6.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot 2 \cdot 1,231 \cdot 1000}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 0,036 \text{ грн./шт.}$$

Розраховуємо технологічну собівартість після заміни обладнання за формулою (6.3):

$$C_2 = 1,711 + 1,57 + 21,76 + 10,88 + 0,008 + 0,005 + 0,036 = 35,971 \text{ грн./шт.}$$

Питомі капітальні витрати до і після заміни обладнання, що приходяться на одиницю продукції, розраховуються за формулою (6.2):

$$K_1 = 201000 / 1500 = 134 \text{ грн./шт.};$$

$$K_2 = 136000 / 1500 = 90,66 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок річної економії за рахунок об'єднання операцій та заміни обладнання без врахування вартості основного матеріалу проводимо за формулою (6.1):

$$E_{\text{річ}} = [(53,084 + 1,3 \cdot 134) - (35,971 + 1,3 \cdot 90,66)] = 73,45 \text{ грн.}$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема магістерського проекту – "Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки деталей датчика крутного моменту", то нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки, що необхідно передбачити під час виконання робіт за персональними комп'ютером (далі ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ) в конструкторському бюро [15].

На підставі аналізу умов роботи, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю:

1. Механічні травми, внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця чи недостатньої площі робочого приміщення [16];

б) захаращення робочого місця та проходів в умовах відсутності достатньої кількості шаф, полиць, стелажів.

2. Поразка електрострумом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування, відсутності захисного заземлення. Ступінь ураження людини залежить від багатьох факторів: її фізичного стомлення, індивідуального опору впливу електричного струму, частоти струму, часу впливу, шляху проходження через тіло людини, від зовнішніх факторів, наприклад вологості у приміщенні [17].

3. Кістково-м'язові порушення, у зв'язку з довгим статичним навантаженням, яке призводить до стомлення, збільшенню помилок, травм (соціальні причини).

4. Нервово-психічні навантаження, в наслідок специфіки виконуваних робіт, призводять до захворювань загального характеру.

5. Робота з людьми різного типу темпераменту, в умовах інтенсивної та складної роботи може стати причиною нервово-емоційного напруження, що в подальшому може призвести до захворювань серцево-судинної системи. Крім того, малорухомий спосіб життя також призводить до ожиріння, гіпертонії та інших захворювань серцево-судинної системи.

6. Професійний стрес, причиною якого є порушення режиму праці та відпочинку, може супроводжуватись напруженням вегетативних функцій (підвищенням рівня пульсу, кров'яного тиску, пітливістю, зміною температурної реакції шкіри).

7. Санітарно-гігієнічні причини:

а) незадовільне освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювального устаткування, може призвести до втоми очей, відчуття «піску в очах», спостерігається сухість слизової оболонки, с часом можливим є погіршення зору;

б) втома очей внаслідок пульсації світлового потоку від ламп типу ДРЛ, яка впливає на погіршення зору при управлінні технологічним процесом і устаткуванням;

в) недостатнє природне освітлення також негативно впливає на орган зору та якість роботи;

г) підвищений рівень шуму, що виникає при значній кількості працюючих в одному приміщенні, може призвести до дратівливості, збільшення помилок;

д) незадовільні параметри мікроклімату на робочому місці, у зв'язку з відсутністю або неправильною роботою засобів забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату, можуть призвести до підвищеної втоми, зниження працездатності;

ж) в умовах зниження температури у приміщенні можливе охолодження і переохолодження організму. Це призводить до погіршення імунітету, збільшення частоти простудних захворювань, ГРВІ, грипу.

8. Вірогідність пожежі у зв'язку з несправністю електричного устаткування, не дотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

9. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що може призвести до травмування і загибелі людей.

Для забезпечення безпеки кожен працівник повинен дотримуватись заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, при необхідності застосування індивідуальних захисних засобів, крім того, кожен повинен вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». В залежності від виду та часу проведення інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий [18]. Інші заходи по забезпеченню безпеки надані в додатку В.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці можемо побачити в додатку Г.

Заходи з пожежної безпеки [додаток Д] виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [19].

Про заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях та які бувають аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах можемо дізнатися з додатку Е.

Висновок

Отже, охорона праці - це система соціально-економічних, правових, організаційно-технічних, лікувально-профілактичних і санітарно-гігієнічних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Недотримання правил та вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків: погіршення здоров'я або травмування фахівців, появи професійних захворювань, втрати працездатності працівника.

ВИСНОВОК

Відповідно до завдання магістерського дипломного проекту, було вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «корпус». Розроблено більш доцільний метод отримання заготовки. Об'єднано декілька операцій. Також було призначено припуски на заготовку. Визначені та призначені режими різання та технічне нормування часу за рекомендаціями нормативних документів машинобудівної промисловості.

Розроблено 3D моделі деталі та заготовки за допомогою програмного забезпечення NX CAM. Технологічний процес був розроблений з урахуванням вимог охорони праці. Розроблено та спроектовано пристосування верстатів, які дозволяють швидко та надійно затискати та закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва є важливою особливістю. Запропоновано автоматизацію слюсарних робіт за допомогою віброгалтовки.

Виконано спеціальне завдання на тему: «Підвищення якості та продуктивності слюсарної обробки за допомогою віброгалтовки». Найуразливішу частину деталі було розраховано на міцність, за допомогою програмного забезпечення ANSYS, після чого була запропонована оптимізація геометрії деталі з метою покращення її роботи у вузлі.

Розроблено альбом технологічної документації на виготовлення деталі «корпус».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 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 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.
3. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Технології машинобудування» (розділ – проектування технологічних процесів), для студентів напрямку 6.050502. Спеціальності «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання // Укл.: О.В.Алексєєнко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011.– 86 с.
4. Нормативные таблицы режимов резания на токарные, сверлильные и фрезерные работы, справочник: Запорожье; изд-во АТ «Мотор Сич», Т1 – 136с., Т2 – 133с.
5. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
6. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение, 1961.-Т2.-890с.
7. Богуслаев В.А., Яценко В.К., Притченко В.Ф./ Технологическое обеспечение и прогнозирование несущей способности деталей ГТД – Киев: «Манускрипт», 1993, 323 с.
8. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

9. Е.М. Левинсон. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении / Е.М. Левинсон. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1952. -82 с.

10. Metal Finishing News <https://www.mfn.li/links/>.

11. <https://dryfinish.wordpress.com/2017/10/21/mass-finishing-processes-explained/>.

12. Методичні рекомендації до проектування магістерської роботи з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.

13. <https://auto.kombat.com.ua/polirovanie-abrazivnoy-lentoy-myagkimi-abrazivnyimi-krugami-svoystva/>.

14. <https://centertop.ru/catalog/tsentrobezhnje-ustanovki/tsentrobezhnaya-galtovka-rotor-20/>.

15. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Технологія машинобудування»; 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізація) «Металорізальні верстати та системи; 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок» / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 32 с.

16. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

17. Люманов, Е.М. Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах [Текст]: навчальний посібник. – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128 с.

18. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-

4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

19. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

ДОДАТОК А

Перед. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №								
							Документация	
		A1			НУЗП 716002.017СК	Складальне креслення		
							Сборочные единицы	
				1		Пневмокамера ГОСТ 9887-70	1	
				2		Механізм підйому	1	
Подп. и дата								
				3		Болт спеціальний M12x9	2	
				4		Втулка змінна	4	
				5		Втулка постійна	4	
				6		Кондукторна плита	1	
				7		Карпус	1	
				8		Направляюча призми	2	
				9		Призма	1	
				10		Прихват	4	
				11		Рукоятка	1	
				12		Стакан	1	
				13		Шпонка	2	
				14		Штуцер	2	
					НУЗП 716002.017			
Инв. № подл.		Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кондуктор для свердления 4-х отверстий НУ "ЗП" кафедра ТМБ		
		Разр.:	Шевцова Г.А.					
		Пров.	Гончар Н.В.					
		Н.контр.	Гермашев А.И.					
	Утв.	Дядя С.И.				Лит.	Лист	Листов
							1	2

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № д/р	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							
					Шевцова Г.А.						
					Гончар Н.В.						
					НУЗП 716002.017						
					Лист 2						

Копировал

Формат А4

ДОДАТОК Б

[illegible]

ДОДАТОК В

Заходи по забезпеченню безпеки

Обов'язковим є проходження медичного огляду під час прийому на роботу, а потім - один раз на два роки, за рахунок роботодавця відповідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра [B1, B2].

Враховуючи рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці – 4,5 метрів, ширина проходів становить 2-2,5метри, що дає можливість комфортно та безпечно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей [B2].

В адміністративно-побутових приміщеннях враховані рекомендації НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», площа одного робочого місця становить не менше 6м², а об'єм – не менше 20м³, розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм [B3].

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній ділянці відповідає вимогам національних стандартів та «Технічному регламенту безпеки». Обладнання не

створює небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. Крім того, протягом усього строку експлуатації обладнання не створює небезпеки через дію вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин.

Відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту. Конструкція захисного кожуха забезпечує можливість пропуску оброблюваної деталі, але не пропускає рук робітника через невеликі розміри відповідного технологічного отвору. Застосування захисних огорожень не впливає на продуктивність праці та не погіршує якість роботи машини; не ускладнює спостереження за роботою механізмів та забезпечує повну надійність захисту працюючих від дії небезпечних факторів (пилу, води, газів, пару) [B4].

Крім того, захисні огороження запобігають:

- можливості контакту працівника з рухомими, нагрітими та відкритими струмопровідними частинами верстата тощо;
- випаданню з верстата різального інструменту або деталі;
- потраплянню на працівника частинок матеріалу, що оброблюється;
- ймовірності травмування під час встановлення і зміни різального інструменту. Захисним кожухом забезпечується відведення стружки під час обробки деталей.

Відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118) огороження ззовні фарбуються в жовтий колір. Також, для привернення уваги фахівців передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних поломках.

Під час роботи поруч або безпосередньо за електроустановкою існує небезпека ураження струмом, тому необхідно дотримуватись правил безпеки за НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок», НАПБ В.01.056-2013/111 «Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція» та працювати лише на налагодженому обладнанні. Наслідки ураження залежать від опору організму, середовища, тривалості дії, частоти та роду струму тощо [B5].

Обладнання застосовується із захисним заземленням згідно ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги». Згідно «ПУЕ» опір захисного заземлення не перевищує 4 Ом для електрообладнання з напругою до 1 кВ [B6, B7].

Для уникнення травмування рук та пальців при переміщенні деталей необхідно використовувати спеціалізовані рукавиці (ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація»).

Для уникнення травмування робітник повинен використовувати спеціалізований одяг та взуття. Респіратори, навушники та захисні окуляри використовуються під час роботи для захисту органів дихання, слуху та очей. Такі засоби захисту використовуються під час роботи на відкритих верстатах та при перевищенні допустимого рівня шуму.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

В2. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В3. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В4. ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож»

В5. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966

В6. ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

В7. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

ДОДАТОК Г

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

У відповідності ДСанПиН 173-96 "Державних санітарних правил планування і заселення населених пунктів" за наявності шкідливих виробничих чинників встановлюємо четвертий клас виробництва.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» [Г1].

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачено облаштування системи опалювання, поєднаної з припливною вентиляцією, відповідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". Встановлені опалюючі повітряні завіси біля входу. Застосовується центральна система водяного опалювання [Г1].

У теплий період часу передбачена природна і механічна вентиляція з поданням повітря на робітника $20 \text{ м}^3/\text{годину}$.

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". При категорії робіт середньої тяжкості температура повітря $17-23^{\circ}\text{C}$, відносна вологість 75%, швидкість повітря 0,1-0,3 м/хв., температура повітря на робочому місці $13-24^{\circ}\text{C}$ [Г1].

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати свіже очищене повітря. Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно) [Г2];
- за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії – загальнообмінна, місцева, комбінована;
- за призначенням – робоча, аварійна.

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря). Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію – просочування повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях тощо та провітрювання, що здійснюється при відкриванні вікон та квартир.

Організована природна вентиляція називається аерацією. Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої (ліхтарі) для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачено перекривання на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів. Це особливо важливо в холодну пору року [Г3].

Перевагою природної вентиляції є її дешевизна та простота експлуатації. Основний її недолік у тому, що повітря надходить у приміщення без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозабір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам:

- створювати в робочій зоні приміщень нормовані метеорологічні умови праці (температуру, вологість і швидкість руху повітря);
- повністю усувати з приміщень шкідливі гази, пари, пил та аерозолі або розчиняти їх до допустимих концентрацій;
- не вносити в приміщення забруднене повітря ззовні або шляхом засмокування із суміжних приміщень;
- не створювати на робочих місцях протягів чи різкого охолодження;
- бути доступними для керування та ремонту під час експлуатації;
- не створювати під час експлуатації додаткових незручностей (наприклад, шуму, вібрацій, попадання дощу, снігу і т. п.).

Необхідно зазначити, що до вентиляційних систем, встановлених у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях, висувається ціла низка додаткових вимог.

Кондиціонування повітря — це створення та автоматичне підтримування в приміщенні заданих або таких, що змінюються за певною програмою, метеорологічних умов, які є найбільш сприятливими для працівників чи для нормального протікання технологічного процесу. Кондиціонування повітря може бути повним та неповним. Повне кондиціонування повітря передбачає регулювання температури, вологості, швидкості руху повітря, а також можливість його додаткового оброблення (очищення від пилу, дезінфекції,

дезодорації, озонування). При неповному кондиціонуванні регулюється лише частина параметрів повітря.

Кондиціонування повітря здійснюється кондиціонерами, які підрозділяються на центральні та місцеві. Центральні кондиціонери призначені для обслуговування великих за розмірами приміщень. Оброблення повітря проводиться в одному центрі, що розташований поза приміщеннями, в яких здійснюється кондиціонування, і зв'язаного з останніми каналами для подачі та рециркуляції повітря. Місцеві кондиціонери мають малу продуктивність і встановлюються безпосередньо в невеликих приміщеннях. Такі кондиціонери, зазвичай, працюють на зовнішньому повітрі за, так званою, припливною схемою.

Система кондиціонування оснащується спеціальними пристроями, які автоматично регулюють за заданими умовами необхідні параметри повітря, а отже й відповідні характеристики теплоносія та холодної води [Г3].

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормальної освітленості робочої зони. Для робочого загального освітлення застосовуються в якості джерела світла газорозрядні лампи, які, щоб уникнути стробоскопічного ефекту, підключені на різні фази електромережі. На робочих місцях встановлено місцеве освітлення. Норми освітленості робочих місць, визначені ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення", залежать від характеристики роботи, що виконується в приміщенні, та становлять 200-400 лк. Для штучного освітлення у всіх адміністративно-побутових приміщеннях застосовуються люмінесцентні лампи (типу ЛБ або ЛД). Ці лампи мають термін експлуатації 10 – 15 тис. годин, економічні, світловий потік – 40-50 лм/Ватт, що в 3-5 разів перевищує світлову віддачу ламп розжарювання [Г4].

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не перевищує гранично допустимих концентрацій, вказаних за ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень" за рахунок застосування загальної припливно-витяжної вентиляції.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Рівні вібрації під час роботи на обладнанні не перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги» [Г5].

Для зменшення негативного впливу вібрації, що може викликати спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремору кінцівок, під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року №966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття [Г6].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Г

Г1. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

Г2. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

Г3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

Г4. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

Г5. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

Г6. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966

ДОДАТОК Д

Заходи з пожежної безпеки

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень [Д1].

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегороджуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперегороджувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості.

Клас пожежонебезпечної зони відповідно до ПОЕ – клас П-III. При розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі поодинокого пожежонебезпечного технологічного устаткування, якщо спеціальні заходи

проти поширення пожежі не передбачені, зона в межах до 3м по горизонталі і вертикалі від цього устаткування вважається пожежонебезпечною [Д2].

На ділянці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м²), в ньому розміщені: вогнегасники ОУ- 5 – 3 шт; ящик з піском – 1 шт; покривало з теплоізолюючого матеріалу, що не згорає – 1 шт; багри – 3 шт; лопати – 2 шт; сокири – 2 шт; лом – 2 шт.

Вуглекислотний вогнегасник призначений для гасіння тільки електроустановок [Д3]. В електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- усі іскристі частини устаткування вкладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана схованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки :

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією і засобами для індивідуального пожежогасіння.

Для захисту від блискавок передбачені громовідводи. З метою захисту від статичної електрики на ділянках промивання передбачені заземлення неструмопровідних електропровідних частин устаткування. Металеві повітропроводи встановлюються через кожні 40-50 м. Застосовують також зволоження повітря до 60-70%, що дозволяє знизити електризацію матеріалу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

Д2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

Д3. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

ДОДАТОК Е

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях. Аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах

Об'єкти, на яких використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються небезпечні радіоактивні, хімічні й біологічні речовини, пожежовибухові, гідротехнічні й транспортні споруди, транспортні засоби, а також інші об'єкти, що створюють загрозу виникнення НС є потенційно небезпечними об'єктами. Особливу небезпеку для людей і навколишнього середовища становлять радіаційно небезпечні об'єкти (РНО). До РНО належать: атомні електростанції (АЕС), підприємства з виготовлення і переробки ядерного палива, підприємства поховання радіоактивних відходів, науково-дослідні організації, які працюють з ядерними реакторами; ядерні енергетичні установки на об'єктах транспорту та ін. [Е1].

В Україні діють 5 атомних електростанцій з 16 енергетичними ядерними реакторами, 2 дослідних ядерних реактори та більше 8 тис. підприємств і організацій, які використовують у виробництві, науково-дослідній роботі та медичній практиці різноманітні радіоактивні речовини, а також зберігають і переробляють радіоактивні відходи.

З усіх можливих аварій на РНО найбільш небезпечними є радіаційні аварії на атомних електростанціях з викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Радіаційні аварії - це аварії з викидом радіоактивних речовин або іонізуючих випромінювань за межі, не передбачені проектом для нормальної експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів, у кількостях понад установлену межу їх безпечної експлуатації.

Потенційною небезпекою для України є можливі аварії на АЕС інших держав з викидом радіоактивних речовин. При аваріях на АЕС можуть бути пошкодження конструкцій, технологічних ліній, пожежі, викиди в навколишнє

середовище радіоактивних речовин. У 1998 р. на АЕС було 44 надзвичайних подій об'єктового характеру.

Прогноз і оцінювання радіаційної обстановки передбачають два види можливих аварій: гіпотетична аварія і аварія з руйнуванням реактора.

Гіпотетична аварія - це аварія, для якої проектом не передбачаються технічні заходи, що забезпечують безпеку АЕС. Може утворитись небезпечна радіаційна обстановка при викиданні в атмосферу радіоактивних речовин, що може призвести до опромінення населення.

Аварія з повним руйнуванням ядерного реактора може відбутися в результаті стихійного лиха, вибуху боєприпасів, падіння повітряного транспорту на споруди АЕС та ін. Така аварія може бути з розривом трубопроводів із теплоносієм, ушкодженням реактора і герметичних зон, виходом з ладу систем керування і захисту, що може призвести до миттєвої втрати герметичності конструкцій реактора, сплавлення тепловидільних елементів і викиду радіоактивних речовин з парою в навколишнє середовище, можливе розкидання радіоактивних осколків, уламків конструкцій паливних елементів.

З моменту зруйнування реактора до його накриття проходить тривалий час, який розділяють на 3 етапи - ранній, проміжний і відновний.

1. Ранній - від моменту аварії до кількох годин після її початку.

2. Проміжний - від кількох годин до кількох діб після початку аварії. Більша частина викиду вже відбулася і радіоактивні речовини в основному вже осіли на поверхні ґрунту.

3. Відновний - характеризується поступовою відміною введених раніше засобів захисту і прийняттям рішень, пов'язаних з поверненням людей до нормального способу життя.

В результаті аварії на АЕС при викиді радіонуклідів в атмосферу утворюється хмара або факел. В процесі її поширення відбувається розсіювання радіоактивних продуктів, що в ній містяться. Це зумовлює зовнішнє

опромінення населення від хмари (факелу), а також надходження радіонуклідів в організм за рахунок вдихування радіоактивних аерозолів.

Осідання радіоактивних аерозолів з хмари (факелу) на поверхню землі і відкриті водоймища створює радіоактивне забруднення цих середовищ, а також людини. Це призводить до зовнішнього опромінення від радіоактивних продуктів, що осіли на ґрунт, а також контактного опромінення за рахунок радіоактивного забруднення одягу та відкритих ділянок тіла. В подальшому радіонукліди включаються в обмінні процеси, що призводить до їх нагромадження в організмі і наступної міграції харчовими ланцюгами.

Основні фактори, що визначають радіаційну ситуацію при ядерній аварії на АЕС наступні:

- характер надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище;
- загальна кількість радіоактивних речовин, що потрапили в навколишнє середовище;
- радіонуклідний склад аварійного викиду;
- метеорологічні умови в момент радіоактивного викиду (напрямок, швидкість вітру, опади);
- віддаленість від джерела аварійного викиду до населених пунктів;
- гідрогеологічні і ґрунтові характеристики місцевості, їх рельєф;
- характер сільськогосподарського використання території, яка зазнала радіоактивного забруднення;
- умови водопостачання і харчування населення, характер його трудової діяльності;
- щільність населення і характер забудови території, що зазнала впливу радіоактивних опадів;
- час, що пройшов з моменту радіаційної аварії.

Масштаби і характер викидів радіонуклідів в значній мірі визначаються конструктивними особливостями АЕС, її потужністю, особливістю руйнування

будівельних конструкцій, захисної оболонки та ін. факторами, що сильно утруднює задачу прогнозування наслідків аварій.

Тому розробку заходів із захисту людей в районах розміщення АЕС потрібно проводити на основі розрахунку на найважчий варіант перебігу і розвитку аварії. У відповідності з таким варіантом в атмосферу може бути викинуто до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % таких ізотопів, як рутеній і лантан. Загальна активність викиду при аварії може досягти 10 % від загальної активності реактора на момент його зупинки або руйнування.

Радіаційні аварії на АЕС можуть супроводжуватись як одноразовим (короткочасним) так і багаторазовим (тривалим) викидом радіонуклідів в навколишнє середовище.

При одноразовому викиді радіонуклідів в атмосферу, як правило, потрібний радіаційний захист населення в напрямку руху радіоактивної хмари.

При багаторазових і тривалих викидах радіоактивному забрудненню може піддаватись значна територія. Найбільша кількість радіонуклідів викидається протягом перших годин. Потім можуть бути повторні викиди, але вони, як правило, менш значні. В такій ситуації потрібно провести крупномасштабні заходи з радіаційного захисту населення.

Поширення газоаерозольних сумішей при аваріях на АЕС може призвести до ураження незахищеного населення на відстані до 20-30 км. Окремі осередки радіоактивного забруднення місцевості можуть відмічатися на відстані до 80 км і більше.

Біологічна дія викинутих з реактора радіонуклідів різна і зумовлена з одного боку, їх фізичними властивостями (вид і енергія випромінювання, період піврозпаду), а з другого - їх біологічними особливостями (величина резорбції, характер розподілу в організмі та ін.).

Виходячи з цього, розробку заходів захисту населення в районах розміщення АЕС необхідно проводити на основі розрахунків на найважчий варіант розвитку аварії. При такому варіанті в атмосферу може бути викинуто

до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % рутенію і лантану. На момент аварійного зупинення або руйнування реактора загальна активність викиду радіонуклідів може становити до 10% загальної активності реактора.

На території України розташовано понад 8000 різних установ і організацій, діяльність яких призводить до утворення радіоактивних відходів (РАВ). Виробниками і місцями концентрації радіоактивних відходів є:

- 1) АЕС (накопичено 70 тис. м³ РАВ);
- 2) уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн м³ РАВ);
- 3) медичні, наукові, промислові та інші підприємства і організації. Збирання, транспортування, переробку і тимчасове зберігання радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) від цих підприємств і організацій незалежно від їх відомчої підпорядкованості здійснює Українське державне об'єднання "Радон" (накопичено 5 тис. м³ РАВ);
- 4) зона відчуження Чорнобильської АЕС (понад 1,1 млрд м³ РАВ).

Всі підприємства і організації (крім АЕС) незалежно від відомчої належності передають радіоактивні відходи на міжобласні спеціалізовані комбінати (МСК) державного об'єднання "Радон", яке має у своєму складі 6 спецкомбінатів: Київський, Львівський, Донецький, Дніпропетровський, Одеський і Харківський. Львівський, Харківський, Одеський і Дніпропетровський спецкомбінати приймають і ховають низько- і середньоактивні радіоактивні відходи. Донецький спецкомбінат не має вільних сховищ для зберігання та поховання РАВ. Київський комбінат може приймати для тимчасового зберігання відходи низької та середньої активності.

На Київському і Харківському державних міжобласних спеціалізованих комбінатах через недосконалі конструкції старих сховищ для радіоактивних відходів виникло забруднення підземних вод поза межами сховищ радіонуклідами тритію. Причиною поширення радіонуклідів поза межами сховищ РАВ, у тому числі законсервованих, є недосконалість конструкції сховищ. Міграція радіонуклідів зі сховищ відбувається внаслідок порушення

гідроізоляції. У сховищах радіоактивних відходів і джерел іонізуючого випромінювання накопичується вода, яка проникає з атмосферними опадами та утворюється внаслідок конденсації.

На території України розташовані 2 дослідні реактори (у Києві та у Севастополі) та одна критична збірка (в Харкові), яку на цей час зупинено. Можливі аварії на цих реакторах з радіоактивним забрудненням є загрозою насамперед містам, у яких вони розташовані. Небезпекою є й те, що реактори знаходяться в зоні польотів повітряного транспорту. На Київському реакторі були аварії у 1968, 1969 і 1970 рр.

У 1968 р. у навколишнє середовище було викинуто 40 кюрі радіоактивного йоду, що перевищувало допустиму норму в 400 разів. 4 лютого 1970 р. у результаті аварії на реакторі було опромінено 17 осіб.

Важливим завданням є поховання джерел іонізуючого (гамма- та нейтронного) випромінювання (ДІВ) тільки у спеціалізованих сховищах шляхом безконтейнерного розвантаження джерел (в Україні ДІВ ховають здебільшого у захисних контейнерах), а також необхідно переховати тверді радіоактивні відходи зі сховищ.

Потребують особливої уваги як потенційно небезпечні об'єкти і підприємства з видобутку і переробки уранових руд, розташованих у Кіровоградській, Миколаївській та Дніпропетровській областях. Видобування уранової руди головним чином проводиться на Жовтоводському, Смолінському та Кіровоградському рудниках. Новокосянтинівське, Давлатівське та Братське родовища (Дніпропетровська та Миколаївська області), передані для промислового виробництва, декілька років не експлуатуються.

Для отримання закису-окису урану проводиться переробка уранових руд на гідрометалургійному заводі ВО СГЗК, що розташований у промзоні міста Жовті Води Дніпропетровської області. Характерним для уранодобування є те, що майже всі його відходи є джерелами радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

У сільському господарстві, в медицині, промисловості й наукових досліджах використовуються ДІВ. В Україні є близько 8000 підприємств та організацій (тільки в Києві близько 400), які використовують понад 100 тис. джерел іонізуючого випромінювання.

Експертами Міжнародного Агентства з атомної енергії та Агентства з ядерної енергетики Організації економічного співробітництва та розвитку створена міжнародна школа ядерних подій, яка використовується для оперативного та узгодженого оповіщення про значення з погляду безпеки подій на ядерних установах [E2].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Е

Е1. Демиденко Г. П. [и др.]. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время : учебное пособие. К. : Вища шк. Головное изд-во, 1984. 232 с.

Е2. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.