

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості проектування технологічного процесу виготовлення
деталі «Корпус» у автоматизованому виробництві»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-112м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

МАТВІЙКО С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник ТУМАРЧЕНКО Л.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Машинобудівний
 Кафедра Технологія 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 Сергій ДЯДЯ

«_____» _____ 20__ року

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

МАТВІЙКО Сергія Володимировича
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Особливості проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» у автоматизованому виробництві
 керівник проекту (роботи) ст. викладач ТУМАРЧЕНКО Лариса Олександрівна,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом закладу вищої освіти від «14»11 2023року №436
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 8.12.2023
3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=1000шт
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація; 4 Спеціальне завдання; 5 Розрахунок деталі на міцність; 6 Оцінка очікуваної ефективності заходів; 7 Охорона праці
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки, графічне зображення 3D-моделей деталі та зоготовки; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ та два листа автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку на міцність; креслення до спецзавдання два листа, кількість слайдів -12

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	старш. викл. ТУМАРЧЕНКО Л.О.		
6	к.т.н., доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
7	к.т.н., доц. ШМИРКО В.І.		
нормоконтроль	к.т.н., доц. ДЯДЯ С.І.		

7. Дата видачі завдання « 20 » вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (1 роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.09.2023	
2	Конструкторська частина	02.10.2023	
3	Автоматизація	09.10.2023	
4	Розрахунок на міцність	23.10.2023	
5	Спецзавдання	30.10.2023	
6	Економічний розрахунок	06.11.2023	
7	Охорона праці	13.11.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	27.11.2023	
9	Нормоконтроль	04.12.2023	
10	Рецензія	07.12.2023	
11	Захист дипломного проєкту	13.12.2023	

Студент(ка)

_____ Сергій МАТВІЙКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Лариса ТУМАРЧЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 96 стор., 40 рисунків, 25 таблиць, 3 додатків, 11 джерел.

ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЯ, КОРПУС, СПОЖИВАЧ, КОНСТРУКЦІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ІНТЕГРОВАНІЙ, ТЕРМІЧНА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СТІЙКІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ, ВИМОГИ, УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ, СТАБІЛЬНІСТЬ, ВИПРОБУВАННЯ, РОЗВИТОК.

Об'єкт дослідження – корпус авіаційного двигуна.

Мета роботи – особливості проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» у автоматизованому виробництві.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки корпусу.

Магістерська робота присвячена дослідженню та аналізу особливостей проектування технологічного процесу виготовлення деталі "Корпус" у контексті автоматизованого виробництва. В роботі розглядаються ключові аспекти, пов'язані із створенням ефективного технологічного процесу виготовлення деталі "Корпус". Особлива увага приділяється автоматизації виробництва та її впливу на якість, точність та продуктивність. Перший етап роботи присвячений аналізу та вибору матеріалів для виготовлення корпусних деталей. Другий етап зосереджений на виборі та розробці відповідного обладнання та інструментів для виробництва. Особлива увага приділяється оптимізації кроків виробництва, забезпеченню високої якості та точності виготовлення деталі "Корпус". Магістерська робота розкриває ключові аспекти проектування технологічного процесу виготовлення деталі "Корпус" у контексті автоматизованого виробництва, надаючи детальний огляд інноваційних підходів та високих вимог до якості та продуктивності. Запропоновані рекомендації та обладнання для виготовлення форсунки і заходи щодо автоматизації та механізації процесу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	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	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	18
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	20
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	26
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	26
1.6 Розрахунок режимів різання	32
1.7 Розрахунок технічної норми часу	40
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ	46
1.8.1 Розробка токарної операції	47
1.8.2 Розробка свердлильної операції	48
1.8.3 Розробка фрезерної операції	50
2 Конструкторська частина	52
2.1 Проектування робочого пристосування	52
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	52
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	53
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	55
2.2 Проектування контрольного пристосування	58
3 Автоматизація	62
3.1 Автоматизація вимірювання поверхонь за допомогою пневматичного інструменту	62
4 Спеціальне завдання	68
4.1 Використання 3D сканерів у механічній інженерії	68
5 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	76
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів	79
7 Охорона праці	90

Висновок	93
Перелік джерел посилання	94
Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	95
Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	96

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КНД – компресор низького тиску

ВНА – вхідний напрямний апарат

КПВ – клапан перепуску повітря

КГШП – кривошипний гарячештампувальний прес

ВЦХ – вагово-центровочні характеристики

МОП – маршрут обробки поверхонь

ЧПК – числове програмне керування

CAM – computer-aided manufacturing

ВСТУП

Сучасні виробництва стикаються з невпинним завданням підвищення ефективності та якості виробництва, що вимагає постійного вдосконалення технологічних процесів. Однією з ключових складових успіху є впровадження автоматизованих систем у виробництво, що має величезний вплив на якість, точність та продуктивність виготовлення. У цьому контексті, магістерська робота присвячена вивченню особливостей проєктування технологічного процесу виготовлення деталі "Корпус" у автоматизованому виробництві.

Актуальність даної теми визначається стрімким розвитком сучасних технологій, зокрема автоматизації та інформаційних систем, які дозволяють досягти високого рівня точності та ефективності виробництва. Деталь "Корпус" вибрана для аналізу через її широке застосування в різних галузях промисловості та важливість у структурі багатьох технічних систем.

Об'єктом дослідження є сам процес виготовлення деталі "Корпус", а предметом — особливості його проєктування в умовах автоматизованого виробництва.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до вивчення впливу автоматизованих технологій на всі стадії виробництва деталі "Корпус" та розробці практичних рекомендацій для підвищення ефективності цього процесу. Застосування результатів даного дослідження може стати підґрунтям для вдосконалення виробничих процесів у сучасних підприємствах та сприяти подальшому розвитку автоматизованого виробництва. Значущість роботи визначається тим, що вона спрямована на вирішення практичних завдань, пов'язаних із підвищенням конкурентоспроможності виробників через впровадження передових технологій та автоматизованих систем у виробництво. Магістерська робота є актуальним внеском у вивчення проблем автоматизованого виробництва та його впливу на проєктування технологічного процесу. Дане дослідження може бути корисним для інженерів, дослідників та менеджерів у галузі виробництва, а також для всіх, хто зацікавлений у вдосконаленні виробничих процесів та застосуванні передових технологій у виробництві деталей "Корпус". Враховуючи швидкий темп технологічного розвитку, результати дослідження можуть мати велике значення для виробників, що прагнуть вдосконалити своє виробництво.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь корпус відноситься до вузлу компресора низького тиску. Компресор низького тиску (КНД) (рис. 1.1) складається із переднього корпусу, вхідного напрямного апарату (ВНА) КНД, ротора, статора, клапанів перепуску повітря (КПВ) та передньої опори.

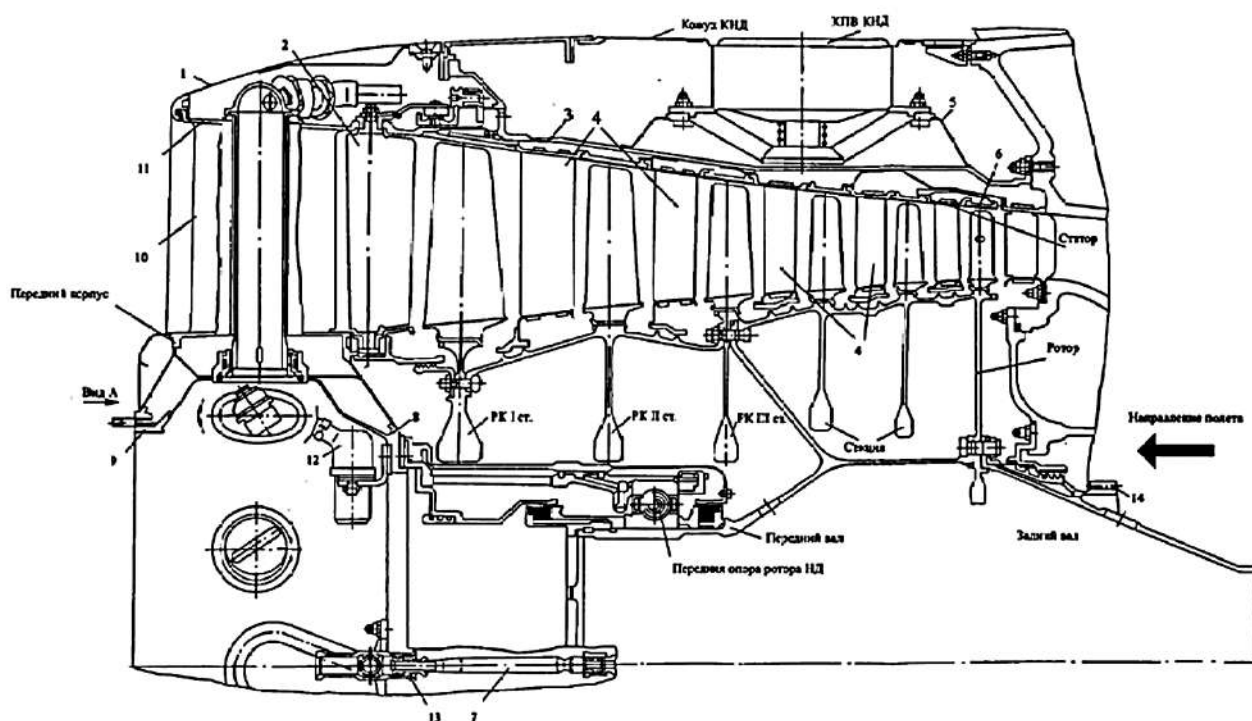


Рисунок 1.1 – Поздовжній переріз компресора низького тиску

Робочий кресленик містить усі необхідні відомості, що дають повне уявлення про деталі, проекції, перетин та види, у зручному для читання, масштабі, що чітко і однозначно пояснюють її конфігурацію, і можливі способи одержання заготовлі. На кресленні вказані всі розміри необхідними відхиленнями, необхідна шорсткість оброблюваних поверхонь, допуски розташування поверхонь. Креслення містить усі необхідні відомості про матеріал деталі, термічну обробку, масу деталі. Нижче розглянемо деталь Рисунок 1.2 “Корпус”.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу ВТ – 20.

Сортамент	Межа міцності при розтязі σ_B , МПа	Відносне видовження δ , %	Твердість, НВ 10^{-1} МПа	Термо- обробка
Лист відпалений, ГОСТ 22178-76	930-980	6-12	255 - 341	Відпал

Технологічні властивості: відзначається високою механічною міцністю, жароміцністю та доброю зварністю.

3D модель деталі корпус показана на рисунку 1.3.

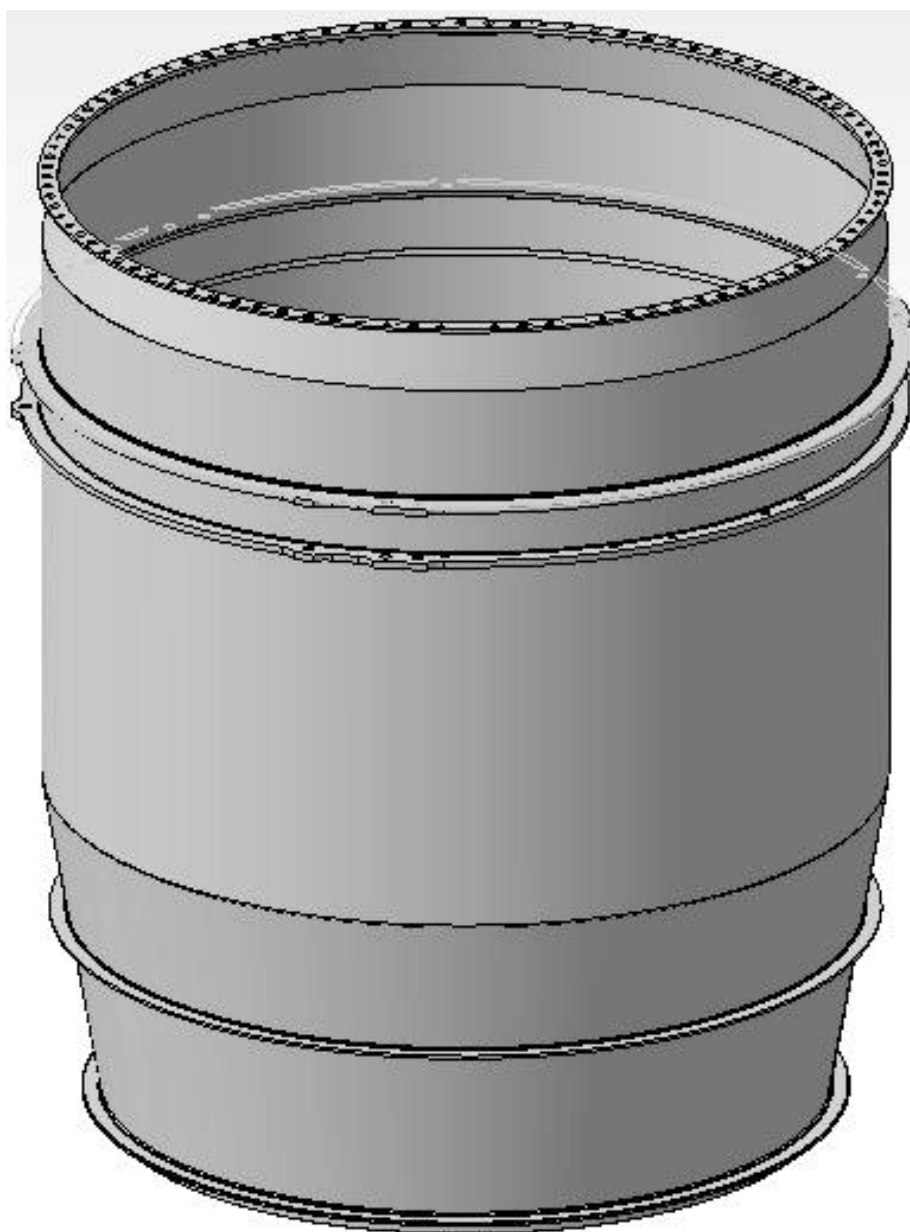


Рисунок 1.3 – Загальний вид деталі у 3D

Термічна обробка використовується для поліпшення механічних властивостей деталі зі сплаву VT20. Основні етапи термічної обробки титанового сплаву VT20 включають:

Відпал: Відпал проводять для зниження внутрішніх напруг та поліпшення обробки металу. Температура відпал для VT20 зазвичай знаходиться в діапазоні від 600°C до 900°C.

Відпуск (англ. Ageing): Відпуск використовується для подальшого поліпшення міцності та твердості. Може бути проведений при температурі від 450°C до 700°C.

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані

річна програма випуску.....N=1000 шт.

маса деталі.....37,25 кг

Розробка технологічного процесу обробки найбільше залежить від типу виробництва і його організаційної структури. Класифікація типу виробництва визначається за допомогою різних критеріїв, серед яких можна виділити властивості виробленого продукту, обсяг виробництва, характер використовуваних матеріалів, тип використовуваної технології та інші. Загалом, основні види виробництва включають масове виробництво, малотоннажне виробництво, виробництво на замовлення та індивідуальне виробництво.

Серійне виробництво характеризується великим обсягом виробництва і стандартизованими властивостями продукції, що робить можливим використання спеціалізованих і автоматизованих технологій. Малосерійне виробництво відзначається меншим обсягом виробництва і більшою гнучкістю виробництва, здатністю адаптуватися до змін в попиті. Виробництво на замовлення орієнтоване на виготовлення унікальних продуктів за індивідуальними замовленнями, що вимагає високої гнучкості виробництва та індивідуальних підходів. Індивідуальне виробництво передбачає виготовлення унікальних виробів відповідно до конкретних потреб клієнта.

Враховуючи визначені критерії, приймаємо, що розроблений технологічний процес відповідає серійному типу виробництва, який характеризується великим обсягом виробництва і стандартизацією продукції.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

де a – періодичність запуску на протязі року;

Φ – кількість робочих днів на рік (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 1000}{250} = 8 \text{ шт.}$$

Операції на робочих містах виконуються рівномірно та повністю завантажені одними й тими ж операціями та виробництво поточне.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Вихідні дані:

- маса деталі $m_{\text{дет.}} = 37.25$ кг;
- матеріал титан ВТ-20, густина $\rho = 4540$ кг/м³;
- річна програма випуску $N = 1000$ шт.

Постановка задачі:

Економічно обґрунтувати доцільність використання одного із двох способів отримання заготовок "Корпус" шостого класу точності:

- кування
- штампування на КГШП

Розраховуємо масу заготовок $m_{\text{заг1}}$ і $m_{\text{заг2}}$, отриманих кожним способом.

Кування:

- клас точності – 6;
- припуски на обробку дорівнюють 3 мм за ГОСТ 7505-89.

На рисунку 1.4 показаний ескіз деталі з припусками від початкової операції методом кування.

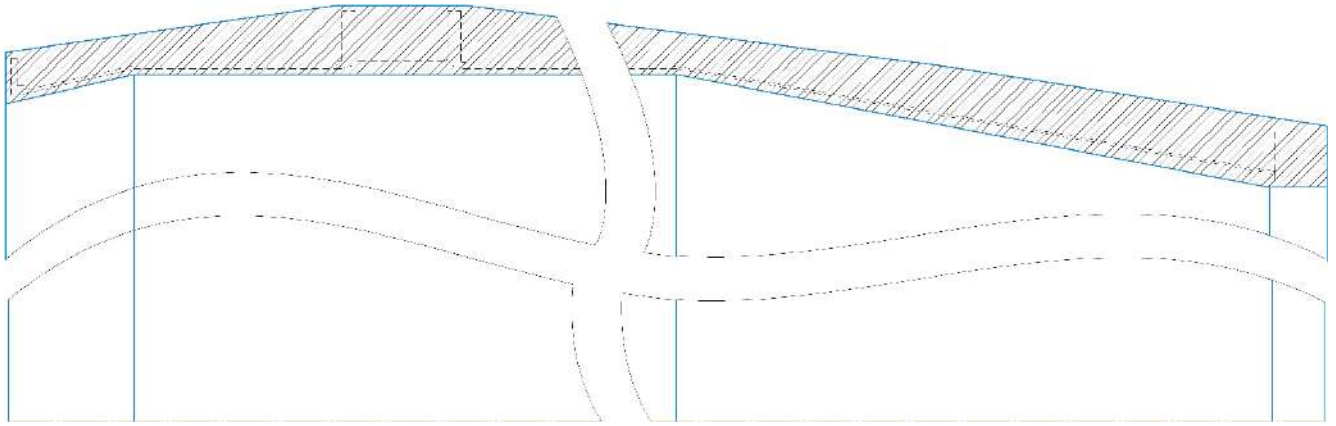


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі методом кування

Побудувавши деталь нашу деталь з припусками, та провівши розрахунок ВЦХ деталі, можемо побачити наступні дані на рисунку 1.5.

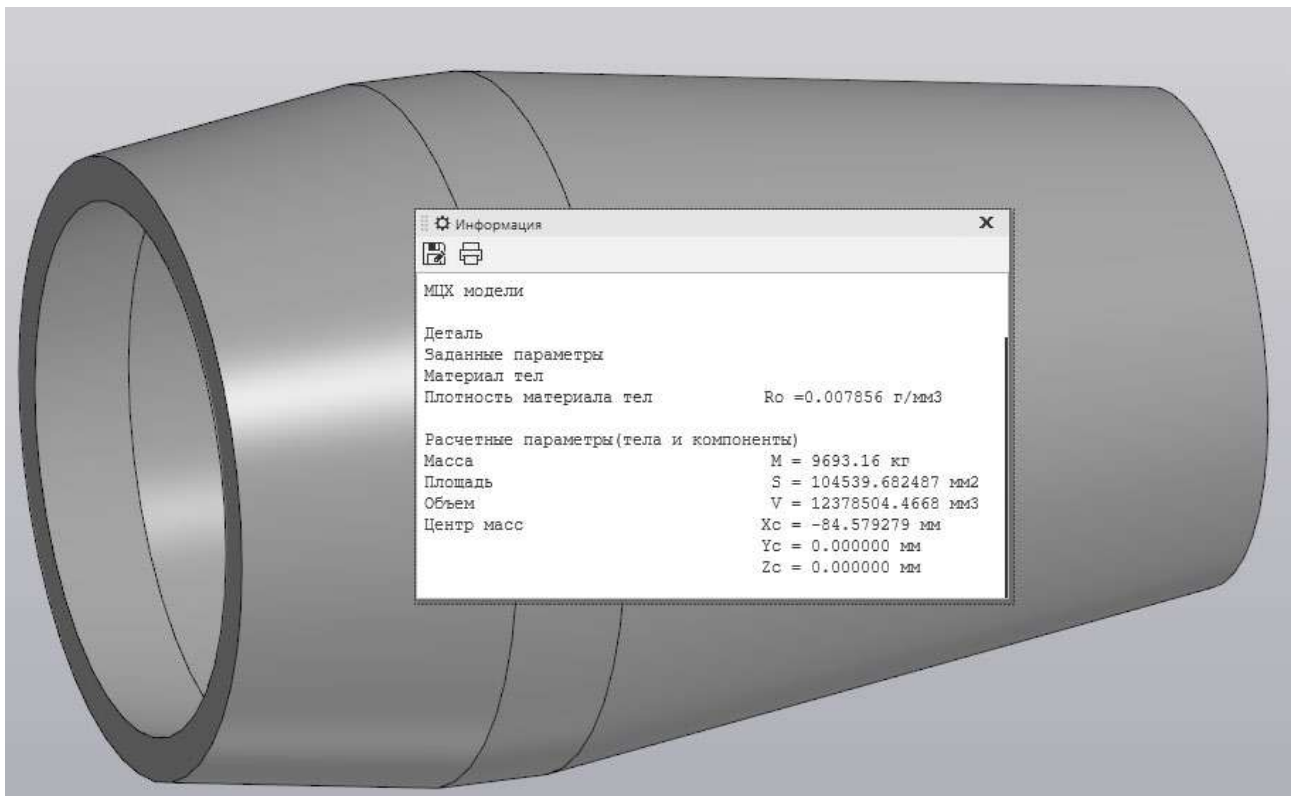


Рисунок 1.5 – МЦХ деталі отриманої методом кування

Наступний метод штампування

Клас точності - 6.

Припуск на сторону дорівнює 1,5 мм [1]

На рисунку 1.6 показаний ескіз деталі методом штампування.

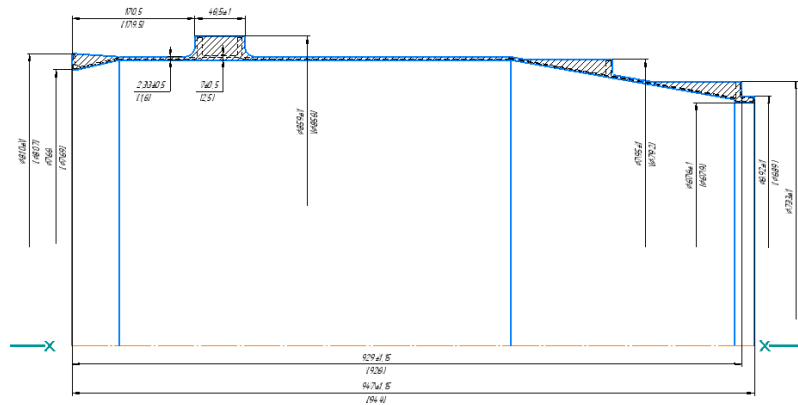


Рисунок 1.6 – Ескіз деталі методом штампування на КГШП

Побудувавши деталь нашу деталь з припусками методом штампування, та провівши розрахунок МЦХ деталі, можемо побачити наступні дані на рисунку 1.7.

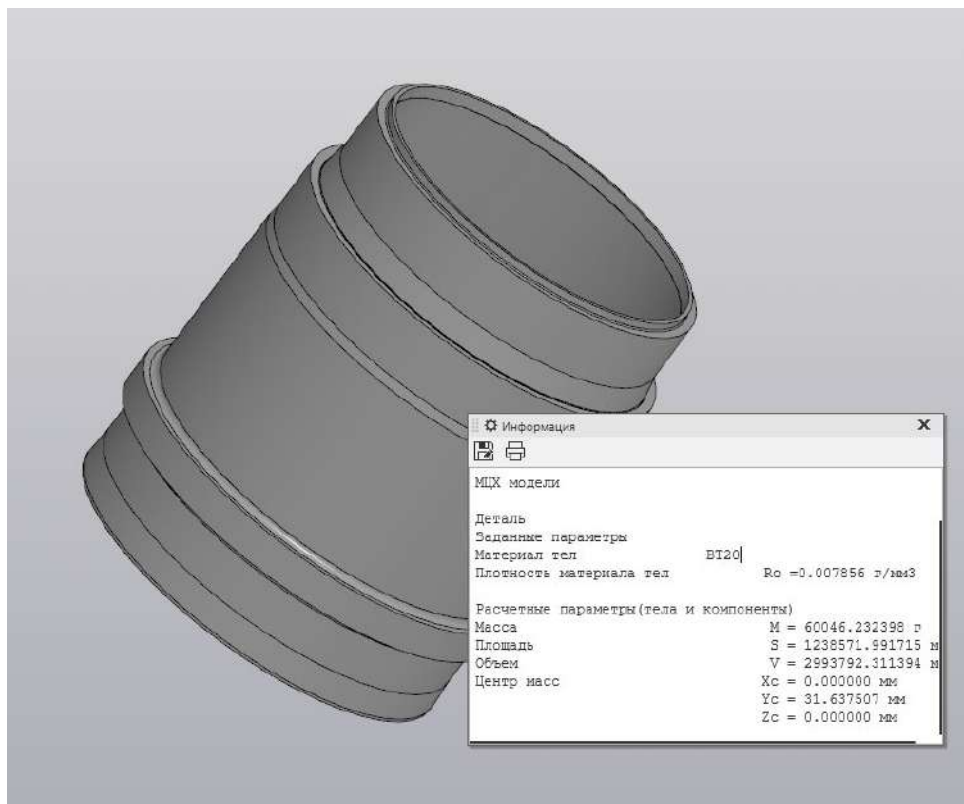


Рисунок 1.7 – МЦХ деталі отриманої методом штампування

Після розрахунків МЦХ двома способами методами, та отримали наступні дані по масі заготовок.

– методом кування $m_{\text{заг.}} = 96,93 \text{ кг}$

– методом штампування $m_{\text{заг.}} = 60,04 \text{ кг}$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.2):

$$K_{\text{В.М.}} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{заг.}}} \quad (1.2)$$

де: $m_{\text{дет.}}$ – маса деталі;

$m_{\text{заг.}}$ – маса заготовки.

Розраховуємо для кування:

$$K_{\text{В.М.}} = \frac{37,25}{96,93} = 0,38$$

Розраховуємо для штампування:

$$K_{\text{В.М.}} = \frac{37,25}{60,05} = 0,62$$

Розраховуємо вартість однієї заготовки В1, одержаної куванням за формулою (1.3):

$$B = \frac{B_6}{1000} \times m_{\text{заг.}} \times K_T \times K_C \times K_B \times K_M \times K_{\Pi} - (m_{\text{заг.}} - m_{\text{дет.}}) \times \frac{B_{\text{від.}}}{1000} \quad (1.3)$$

де: $B_{6.\text{кув.}}$ = 3500 грн. – базова вартість 1 т. заготовок методом кування;

$B_{6.\text{штам.}}$ = 3350 грн. – базова вартість 1 т. заготовок штампуванням;

$m_{\text{дет.}}$ – маса деталі;

$m_{\text{заг.}}$ – маса заготовки;

$K_T = 1,0$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності;

$K_C = 1,0$ – коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$K_B = 0,82$ – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

$K_M = 2,4$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

$K_{\Pi} = 1,0$ – коефіцієнт, що залежить від масовості;

$B_{\text{від.}}$ = 800 грн. – вартість 1 т. стружки сталі.

Тепер можемо підставити усі дані у формулу та розрахувати вартість.

$$B_{\text{кув.}} = \frac{3500}{1000} \times 96,93 \times 1 \times 1 \times 0,82 \times 2,4 \times 1 - (96,93 - 37,25) \times \frac{800}{1000} = 619,91 \text{ грн}$$

$$V_{\text{штам.}} = \frac{3350}{1000} \times 60,05 \times 1 \times 1 \times 0,82 \times 2,4 \times 1 - (60,05 - 37,25) \times \frac{800}{1000} = 377,66 \text{ грн}$$

Довідкові та розрахункові величини вносимо до зведеної таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Зведена таблиця результатів розрахунку економічної доцільності отримання заготовок різними методами.

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Метод	
			Кування	Штампкування
Припуск на сторону	Z	мм	3	1,5
Вага заготовки	m _{заг}	кг	96.93	60.05
Ціна 1т заготовки	B _б	грн	3500	3350
Коефіцієнти	K _Т	-	1	1
	K _М	-	2.4	2.4
	K _С	-	1	1
	K _В	-	0.82	0.82
	K _П	-	1	1
Ціна 1т стружки	B _{від}	грн	800	800
Ціна однієї заготовки	B	шрн	619.91	377.66
Квм	Кв.м	-	0.38	0.62

При порівнянні цих двох способів отримані значення:

$$B_1 > B_2 \text{ і } K_{\text{в.м } 1} < K_{\text{в.м } 2}.$$

Тобто, приймаємо другий спосіб одержання заготовки – штампування.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Обрано титановий сплав BT20, що володіє високою міцністю, термостійкістю та легкістю, ідеальний для умов високих температур і тиску в авіаційному двигуні.

Використано технологію штампування для отримання складної геометрії корпусу з високою точністю та забезпеченням єдності властивостей матеріалу.

Застосовано термічну обробку для поліпшення міцності та стійкості матеріалу при високих температурах. Контроль термічного процесу для досягнення оптимальних властивостей.

Якісні показники:

— матеріал, який обрано для виготовлення деталі має задовільну обробку різанням;

— оскільки деталь має достатньо велику вагу то є необхідність у використанні вантажного обладнання;

— на достатньо високому рівні використано принцип постійності та суміщення баз на більшості операцій;

— більшість поверхонь нормально обробляється різанням;

— деталь має нормальну точність;

— спеціальні ріжучі, допоміжні, вимірювальні інструменти необхідні лише для деяких операцій.

Кількісні показники:

— коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів $K_{y.e.}$, розраховується за формулою (1.4):

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} \geq 0,6 \quad (1.4)$$

де $Q_{y.e.}$ — кількість уніфікованих елементів $Q_{y.e.} = 24$;

Q_e — загальна кількість конструктивних елементів $Q_e = 33$.

$$K_{y.e.} = \frac{24}{33} \geq 0,6$$

— коефіцієнт точності обробки K_t , розраховується за формулою (1.5):

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} \geq 0,8 \quad (1.5)$$

де $A_{\text{ср}}$ — середнє арифметичне значення квалітетів точності, розраховується за формулою (1.6):

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum K_i}{n} \quad (1.6)$$

де n - кількість квалітетів точності;

K_i - квалітет точності i -того розміру.

$$A_{\text{ср}} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 7 + 7 \cdot 10 + 10 \cdot 12 + 11 \cdot 14}{33} = 11,57$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{12,6} = 0,914 > 0,8$$

— коефіцієнт шорсткості $K_{\text{ш}}$, який розраховується за формулою (1.7):

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} \leq 0,32 \quad (1.7)$$

де $B_{\text{ср}}$ — середнє значення шорсткості оброблених поверхонь, розраховується за формулою (1.8):

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum M_i}{n} \quad (1.8)$$

де M_i — шорсткість i -тої поверхні;

n — кількість усіх шорсткостей поверхонь.

$$B_{\text{ср}} = \frac{10 \cdot 3,2 + 8 \cdot 1,25 + 6,3 \cdot 15}{33} = 4,14$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,14} = 0,24 \leq 0,32$$

Отже, по більшості показників деталей технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки деталі (МОП) - це певна послідовність технологічних переходів для обробки поверхонь заготовки, необхідних для досягнення заданих показників точності і якості цих поверхонь в цій частині. На рисунку 1.6 показана розмітка основних поверхонь.

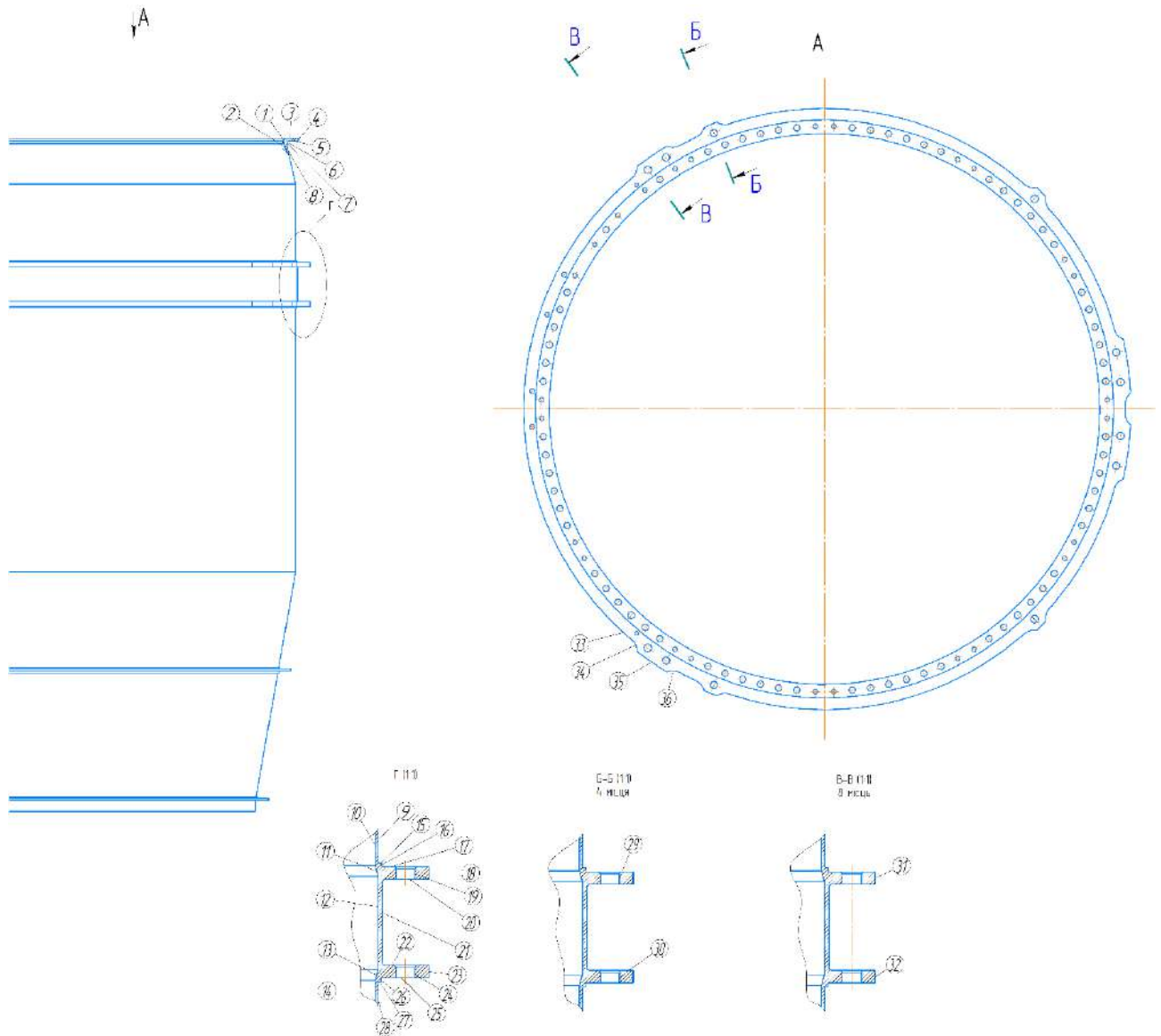


Рисунок 1.6 – Технологічне маркування поверхонь

Проектування маршруту обробки поверхонь деталі "Корпус компресору низького тиску" авіаційного двигуна базується на кількох принципах, які забезпечують ефективність, точність та високу якість виробництва. Технічні

вимоги та специфікації: Ретельний аналіз технічних вимог і специфікацій деталі дозволяє точно визначити потреби в обробці, включаючи геометричні та матеріальні параметри. Визначення геометричних особливостей деталі, таких як відмітки, отвори, конічні та циліндричні поверхні, для визначення оптимального підходу до їх обробки. Розгляд властивостей матеріалу (титановий сплав BT20) для вибору відповідних інструментів і параметрів обробки. Врахування різних технологій обробки, таких як токарні операції, фрезерування, свердління, обточування. Визначення оптимальної послідовності операцій, яка забезпечить максимальну точність та ефективність виробництва. Це може включати групування операцій та обробку з використанням одного налаштування обладнання. Оптимізація використання матеріалу для зменшення відходів і підвищення вартості матеріалу.

Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 807 h7$

Заготовка $R_a = 20$ мкм, [1, табл. 3.7, стор. 19], допуск мм. $Td_3 = 2$

Деталь $R_a = 2,5$ мкм, допуск мм. $Td = 0,09$

Визначаємо уточнення з точки зору точності і шорсткості визначаємо за формулами (1.9), (1.10):

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} \quad (1.9)$$

$$\varepsilon_d = \frac{2}{0,09} = 22,2$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} \quad (1.10)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{20}{2,5} = 8$$

Переважним показником якості цієї поверхні буде точність геометричного розміру, так як він вимагає найбільшої доопрацювання. За переважаючим показником розраховуємо k кількість переходів за формулою (1.11):

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} \quad (1.11)$$

$$k = 2 \cdot \lg 22,2 = 2,69$$

Приймати $k = 3$

Різниця між класами та їх розподілом $IT=IT15-IT7=8=3+3+2$

Встановіть послідовність показника точності: $IT15-IT12-IT9-IT7$

Призначають методи обробки по переходах.

Заготовка – токарна чорнова – токарна чистова – шліфування чорнове.

Згідно [1, табл. 3.7, стор. 19] призначаємо допуски і шорсткості для переходів, див. таблицю 1.4.

Визначаємо доопрацювання з точки зору точності і шорсткості для точності шорсткості за формулами (1.9), (1.10):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{2}{0,5} = 5$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{20}{10} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується аналогічним чином.

Результати розрахунків заносяться в табл. 1.5.

Для поверхні $\varnothing 689h7$

Заготовка $Ra = 20$ мкм, [1, табл. 3.7, стор. 19], допуск мм. $Td_3 = 2$ мм

Деталь $Ra = 2,5$ мкм, допуск мм. $Td = 0,08$ мм

Визначаємо уточнення з точки зору точності і шорсткості за формулами (1.9), (1.10):

$$\varepsilon_d = \frac{2,0}{0,08} = 25$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{20}{2,5} = 8$$

Переважним показником якості цієї поверхні буде шорсткість, так як він вимагає найбільшої доопрацювання. За переважачим показником розраховуємо конверсії k за формулою (1.11):

$$k = 2 \cdot \lg 25 = 2,79$$

Приймати $k = 3$

Різниця між класами точності та їх розподілом $IT=IT15-IT7=8=3+3+2$

Встановіть послідовність показника точності: $Ra20- Ra10- Ra5- Ra2,5$

Призначають методи обробки по переходах.

Заготовка – токарна чорнова – токарна чистова – шліфування чорнове.

Згідно [1, табл. 3.7, стор. 19] призначаємо допуски і шорсткості для переходів, див. таблицю 1.4.

Визначаємо доопрацювання з точки зору точності і шорсткості для точності шорсткості (1.9), (1.10):

$$\varepsilon_{dz} = \frac{2,0}{0,45} = 2,22$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{20}{10} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується аналогічним чином.

Результати розрахунків заносяться в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі «Корпус»

Характер і показники точності та якості поверхні в деталі и заготовки	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове значення	Прийняте		i	Метод обработки	Розмір	Шорсткість	розмір	Шорсткість
1	J	ϵ_{j0}	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø807h7 Деталь $R_a=2,5\text{мкм}$, допуск $T_d=0,09\text{мм}$ Заготовка $R_a=20\text{мкм}$, допуск $T_d=2\text{мм}$..	d	22,2	2,69	3	$\Delta_{\text{кв}} = IT15-IT7 = 8 = 3+3+2$ $IT15 - h12 - h9 - h7$	1	Заготовка	2	20	-	-
						2	Точ. черн.	0,5	10	4	2
	Ra	8				3	Точ. чист	0,25	5	2	2
						4	Шліфування	0,09	2,5	2,77	2
									$P\epsilon_i=$	22,5	8
Ø689h7 Деталь $R_a=2,5\text{мкм}$, допуск $T_d=0,08\text{мм}$ Заготовка $R_a=20\text{мкм}$, допуск $T_d=2\text{мм}$,	d	25	2,79	3	$\Delta_{\text{кв}} = IT15-IT7 = 8 = 3+3+2$ $IT15 - h12 - h9 - h7$	1	Заготовка	2,0	20	-	-
	Ra	8				2	Точ. черн.	0,45	10	4,44	2
						3	Точ. чист.	0,15	5	3	2
						4	Шліфування	0,08	2,5	1,875	2
									$P\epsilon_i=$	25	8

1.4.3 План виготовлення деталі.

Технологічний процес виготовлення деталі корпус складається з операцій різного характеру. Вони розташовані у наступній послідовності:

- 1 – етап токарна обробка на карусельних верстатах з ЧПК
- 2 – етап свердління отворів на фрезерному обробному центрі
- 3 – етап фрезерування контуру на фрезерному обробному центрі
- 4 – етап чистова обробка отворів
- 5 – етап шліфувальні операції відповідальних поверхонь
- 6 – допоміжні та контрольні операції

Маршрут виробництва деталі корпус наведено в графічній частині дипломного проекту НУЗП 714003.014.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 807_{(-0,09)}$

Для заготовки значення шорсткості та кривизни приймаємо від ваги деталі та заготовки $R_z=300$ мкм и $h=300$ мкм [1,2].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{см}$ та короблення $\rho_{кор}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво): $\rho_{см}=300$ мкм, $\rho_{кор}=\Delta_k \times l=3 \times 947=2841$ мкм=2,841 мм [1,2].

Значення відхилень визначаємо за формулою (1.12):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.12)$$

$$\rho_1 = \sqrt{300^2 + 2841^2} = 2857 \text{ мкм} = 2,857 \text{ мм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення R_z , h : $R_{z2}=150$ мкм, $h_2=150$ мкм, $\rho_2=k_y \times \rho_1=0,06 \times 2857=171,41$ мкм=0,171 мм, $k=0,06$ – параметр уточнення [1,2].

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою (1.13):

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25\sqrt{2^2 + 1} = 0,559 \text{ мм} = 559 \text{ мкм} \quad (1.13)$$

де $Td_{\text{заг}}=2 \text{ мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння чистового Rz, h , дорівнює [1,2]: $Rz_3=100 \text{ мкм}$, $h_3=100 \text{ мкм}$, $\rho_3= 8,57 \text{ мкм}$, $\varepsilon_3=32,22 \text{ мкм}$.

Для шліфування Rz, h , дорівнює [1,2]: $Rz_4=50 \text{ мкм}$, $h_4=50 \text{ мкм}$, $\rho_4= 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_4=1,61 \text{ мкм}$.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2 \left[300 + 300 + \sqrt{(2857^2 + 559^2)} \right] = 7022 \text{ мкм} = 7,022 \text{ мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{2\min} = 2 \left[150 + 150 + \sqrt{(171,41^2 + 32,22^2)} \right] = 948,8 \text{ мкм} = 0,949 \text{ мм}$$

Для шліфування:

$$2Z_{2\min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{(8,57^2 + 1,61^2)} \right] = 417 \text{ мкм} = 0,417 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.14):

$$d_4^{\min} = d_4^{\text{ном}} + e_{id_4} = 807 + (-0,09) = 806,91 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі (1.15):

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.15)$$

$$d_3^{\min} = 806,91 + 0,417 = 807,327 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} = 807,327 + 0,949 = 808,276 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = 808,276 + 7,022 = 815,298 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.16):

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.16)$$

$$\begin{aligned} d_4^{\max} &= 806,91 + 0,09 = 807 \text{ мм}; \\ d_3^{\max} &= 807,327 + 0,25 = 807,577 \text{ мм}; \\ d_2^{\max} &= 808,276 + 0,5 = 808,776 \text{ мм}; \\ d_1^{\max} &= 815,298 + 2,0 = 817,298 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.17):

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.17)$$

$$\begin{aligned} 2z_2^{\max} &= 817,298 - 808,776 = 8,522 \text{ мм}; \\ 2z_3^{\max} &= 808,776 - 807,577 = 1,199 \text{ мм}; \\ 2z_4^{\max} &= 807,577 - 807 = 0,577 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність (1.18):

$$\begin{aligned} 2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\ 10388 - 8298 &= 2 + 0,09 \end{aligned} \quad (1.18)$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою (1.19):

$$\begin{aligned} d_{1\text{ном}} &= d_{1\text{мін}} + ei_1 \\ d_{1\text{ном}} &= 815,3 + 1 = 816,3 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.19)$$

Виконавчий розмір заготовки буде рівнятися: $\varnothing 816,3 \pm 1$ виконавчі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «валу», за номінальне значення розміру приймаємо максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Зовнішня поверхня $\varnothing 689 \text{ h}7 \left(\begin{smallmatrix} -0,08 \end{smallmatrix} \right)$

Розрахунок припусків табличним методом для зовнішньої поверхні

$2Z_{\text{omin}} = d_{\text{загmin}} - d_{\text{детmax}} = 692 - 689 = 3,0$ мм - загальний припуск розподіляється між переходами механічної обробки за допомогою коефіцієнта запасу [1,2]:

$$\gamma_1 = 0,65;$$

$$\gamma_2 = 0,2;$$

$$\gamma_3 = 0,15;$$

$$2Z_{2\text{min}} = 0,65 \cdot 3,0 = 1,95 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\text{min}} = 0,2 \cdot 3,0 = 0,6 \text{ мм};$$

$$2Z_{4\text{min}} = 0,15 \cdot 3,0 = 0,45 \text{ мм};$$

Обчислюємо технологічні розміри за переходами механічної обробки методом розмірного ланцюга, починаючи з останнього переходу.

Визначення максимального розміру для МОП за формулою (1.20):

$$\begin{aligned} d_{i\text{max}} &= d_{i+1\text{max}} + 2Z_{i+1\text{min}} + Td_i \\ d_{4\text{max}} &= 689 + 0 = 689 \text{ мм} \\ d_{3\text{max}} &= 689 + 0,45 + 0,25 = 689,7 \text{ мм} \\ d_{2\text{max}} &= 689,7 + 0,6 + 0,5 = 690,8 \text{ мм} \\ d_{1\text{max}} &= 690,8 + 1,95 + 2,0 = 694,75 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.20)$$

$$\begin{aligned} d_{i\text{min}} &= d_{i\text{max}} - Td_i \\ d_{4\text{min}} &= 689 - 0,08 = 688,92 \text{ мм} \\ d_{3\text{min}} &= 689,7 - 0,15 = 689,55 \text{ мм} \\ d_{2\text{min}} &= 690,8 - 0,45 = 690,35 \text{ мм} \\ d_{1\text{min}} &= 694,75 - 2,0 = 692,75 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.21)$$

Розрахувати граничні значення максимальних припусків на механічні переходи.

$$\begin{aligned} 2Z_{i\text{max}} &= d_{i-1\text{max}} - d_{i\text{min}} \\ 2Z_{3\text{max}} &= 694,75 - 690,35 = 4,4 \text{ мм} \\ 2Z_{2\text{max}} &= 690,8 - 689,55 = 1,25 \text{ мм} \\ 2Z_{1\text{max}} &= 689,7 - 688,92 = 0,78 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.22)$$

Виконуємо перевірку виконаних розрахунків:

$$TZ_0 = 2Z_{0\text{max}} - 2Z_{0\text{min}} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}$$

$$2Z_{\text{omax}} = d_{\text{загmax}} - d_{\text{детmin}} = 694,75 - 688,92 = 5,83 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{omin}} = d_{\text{загmin}} - d_{\text{детmax}} = 692,75 - 689 = 3,75 \text{ мм}$$

$$TZ_0 = 5,83 - 3,75 = 2,0 + 0,08$$

$$2,08 = 2,08$$

Результати наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмер, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø807h7	Заготовка	300	300	2857	-	-	815,298	2,0	817,298	815,298	-	-	Ø816,3 ± 1
	Точ. Черн.	150	150	171,41	559	7022	808,276	0,5	808,776	808,276	8522	7022	Ø808,8 _{-0,5}
	Точ. чист	100	100	8,57	32,22	949	807,327	0,25	807,577	807,327	1199	949	Ø807,6 _{-0,25}
	Шліф.	50	50	0	1,61	417	806,91	0,09	807	806,91	577	417	Ø807 _{-0,09}
Ø689h7	Заготовка					-	692,75	2,0	694,75	692,75	-	-	Ø694 ± 1
	Точ. Черн.					1950	690,35	0,45	690,8	690,35	4400	1950	Ø690,8 _{-0,45}
	Точ. чист					600	689,55	0,15	689,7	689,55	1250	600	Ø689,7 _{-0,15}
	Шліф.					450	688,92	0,08	689	688,92	780	450	Ø689 _{-0,08}

1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання для технологічних операцій на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) може бути здійснений за допомогою основних формул і рекомендацій. Основні параметри, які враховуються при розрахунках, включають швидкість різання (V_c), глибину різання (t), подачу (F), крутящий момент (M) та швидкість обертання інструменту (N).

Операція №020 – Токарна.

Оброблюємо два фланця деталі.

На рисунку 1.7 показаний ескіз деталі для обробки операції з розмірами які треба виконати у цій операції.

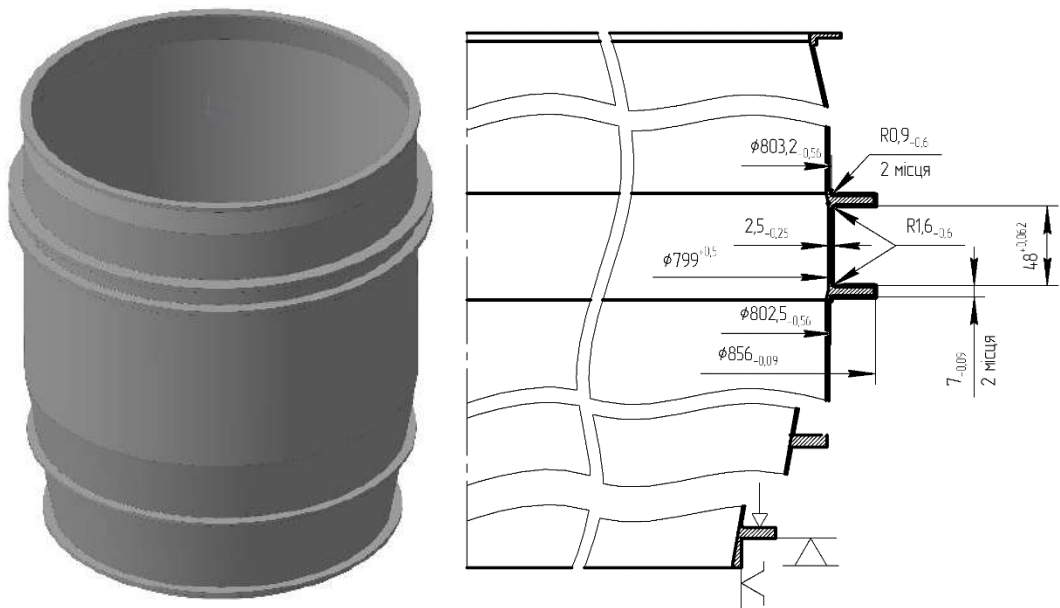


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції № 020 – Токарна

Верстат: V20DSC160

Інструмент:

- різець спеціальний канавковий 25×25 мм.
- $L=50$, $\varphi=93^\circ$, $\gamma=15^\circ$, $\alpha=12^\circ$ $R=1,2$ мм, $a=8$
- BK8

Глибина різання для чистового точіння $t = 0,5$ мм.

Розраховуємо подачу по формулам (1.23) та (1.24):

$$S_O = S_{\text{табл.}} \times K \quad (1.23)$$

де: $S_{\text{табл.}} = 0.33$ мм/об. [3, с.238, т.29];

K – розраховується за формулою (1.24)

$$K = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4} \times K_{S5} \quad (1.24)$$

де: всі поправочні коефіцієнти беремо з [3, с.239, т.30]

$K_{S1} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан операції. Так як операція 020 чистова, то обираємо варіант обробки поверхні з необхідною шорсткістю;

$K_{S2} = 1$ – обробка виконується різцем із твердої сталі;

$K_{S3} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує вплив загартування;

$K_{S4} = 0,85$ – коефіцієнт для обробки зовнішніх поверхонь;

$K_{S5} = 0,85$ – коефіцієнт для групи оброблювального матеріалу.

$$K = 1 \times 1 \times 0,8 \times 0,85 \times 0,85 = 0,578$$

$$S_o = 0,33 \times 0,578 = 0,19074 \text{ мм/об}$$

Нормативне значення за паспортом верстата приймаємо $S=0,19$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання по формулі (1.25):

$$V_c = V_{\text{табл.}} \times K_V \quad (1.25)$$

де: $V_{\text{табл.}} = 99$ м/хв [3, с.249, т.48]

K – розраховується за формулою (1.26):

$$K_V = K_{V1} \times K_{V2} \times K_{V3} \times K_{V4} \times K_{V5} \quad (1.26)$$

де: поправочні коефіцієнти обираємо з [3, с.247, т.43]

$K_{V1} = 0,68$ – коефіцієнт, для сталі групи ХІІІ;

$K_{V2} = 1,0$ – коефіцієнт, при обробці різцем зі сталі ВК8;

$K_{V3} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує головний кут різця;

$K_{V4} = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

$K_{V5} = 1,0$ – коефіцієнт, для обробки з ЗОТС.

$$K_V = 0,68 \times 1 \times 0,87 \times 0,5 \times 1 = 0,2958$$

$$V_c = 99 \times 0,2958 = 29,2842 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання по формулі (1.27):

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \quad (1.27)$$

де: V_c – швидкість різання;

D – діаметр обробки деталі.

$$n = \frac{1000 \times 29,2842}{3,14 \times 807} = 11,55 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 11$ об/хв

Розраховуємо дійсну швидкість різання по формулі (1.28):

$$V_d = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (1.28)$$

де: D – діаметр обробки деталі;

n – частота обертання планшайби.

$$V_d = \frac{3,14 \times 807 \times 11}{1000} = 27,87 \text{ м/с}$$

Приймаємо розраховану швидкість різання $V_d = 27,87$ м/с

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час визначається за формулою (1.29):

$$t_{02} = \frac{l + l_1}{n \times S} \times i \quad (1.29)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, $l = 134$ мм;

l_1 – довжина врізання і перебігу $l_1 = 3,5$ мм, [4, к.43, стор.282];

i – кількість проходів, $i = 1$;

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв;

S – подання інструменту, мм/об;

$$t_{02} = \left(\frac{137,5}{11 \times 0,19} \right) \times 1 = 65,7 \text{ хв}$$

Операція №045 – Свердлильна.

Після токарної операції ми деталь залишаємо закріпленою, та переходимо до свердлильної операції. На рисунку 1.8 показано ескіз для обробки нашої операції з усіма розмірами, та отворами які необхідно зробити.

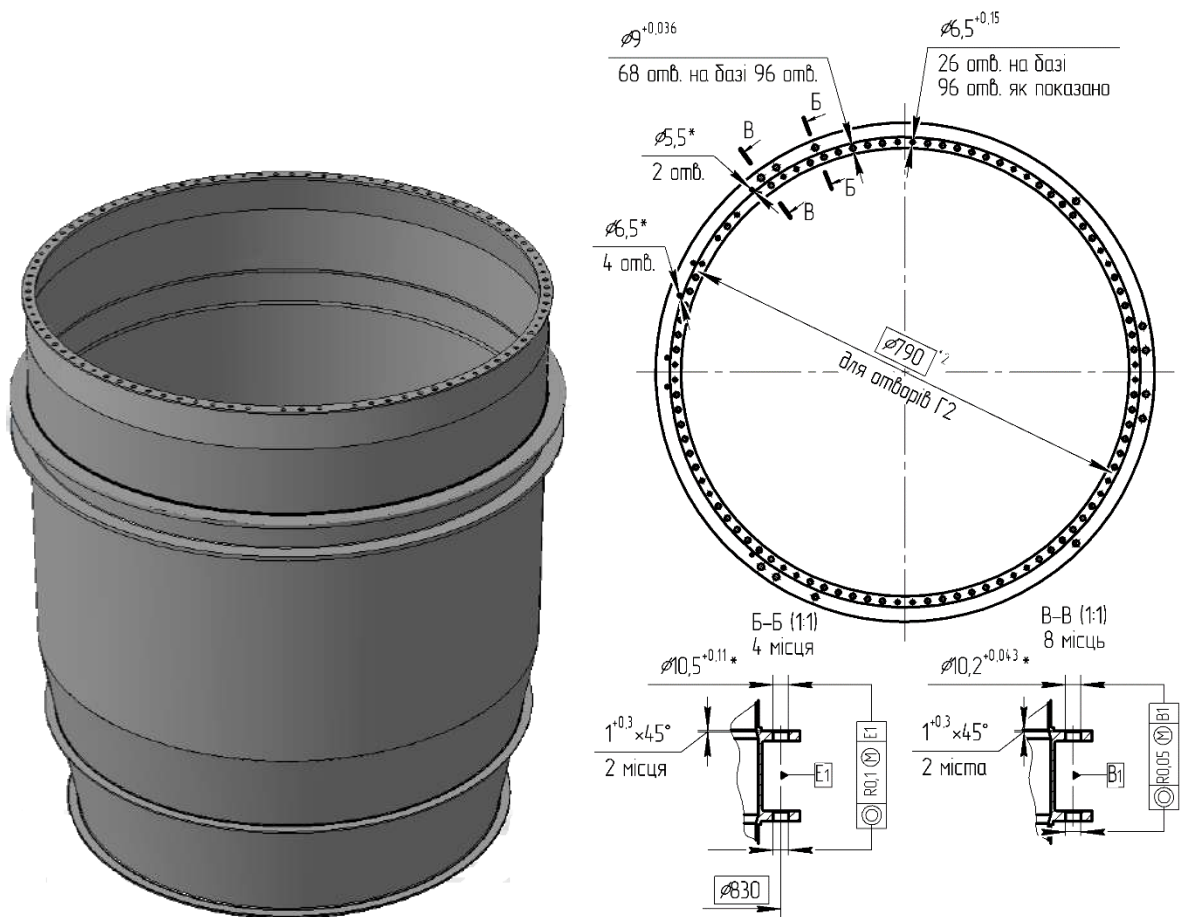


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз до операції № 045 - Свердлильна

Верстат: V20DSC160

Інструмент :

- свердло центрувальне з конічним хвостовиком $D=5,5$, Р6М5, $l=5$ мм, $L=50$. Конус Морзе 1; 2 $\varphi=120^\circ$, ГОСТ 14952-77
- свердло спіральне з конічним хвостовиком $D=9$, Р6М5, $l=70$ мм, $L=140$. Конус Морзе 1; 2 $\varphi=118^\circ$, ГОСТ 10903-77
- свердло спіральне з конічним хвостовиком $D=10,2$ Р6М5, $l=100$ мм, $L=180$. Конус Морзе 1; 2 $\varphi=118^\circ$, ГОСТ 10903-77

Діаметр свердла: $D_1 = 5,5$ мм

Глибина різання: $t = 0.5 D_1 = 0.5 \cdot 5,5 = 2,75$ мм

Діаметр свердла: $D_2 = 9$ мм

Глибина різання: $t = 0.5 D_2 = 0.5 \cdot 9 = 4,5$ мм

Діаметр свердла: $D_3 = 10,2$ мм

Глибина різання: $t = 0.5 D_2 = 0.5 \cdot 10,2 = 6,1$ мм

Розраховуємо подачу по формулах (1.30):

$$S_o = S_{\text{табл.}} \times K_{S_o} \quad (1.30)$$

де: $S_{\text{табл.1}}$ – подача за першим переходом $S_{\text{табл.1}}=0.06$ мм/об [3,табл.64,стр.267];

$S_{\text{табл.2}}$ – подача за другим переходом $S_{\text{табл.2}}=0.16$ мм/об [3,табл.64,стр.267];

$S_{\text{табл.3}}$ – подача за третім переходом $S_{\text{табл.3}}=0.18$ мм/об [3,табл.64,стр.267]

K – розраховується за формулою (1.31):

$$K_{S_o} = K_{S_1} \times K_{S_2} \times K_{S_3} \times K_{S_4} \times K_{S_5} \quad (1.31)$$

де: всі поправочні коефіцієнти беремо з [3, с.267, т.64];

K_{S_1} – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_{S_1} = 1$;

K_{S_2} – коефіцієнт, для наскрізного отвору, $K_{S_2} = 1$;

K_{S_3} – коефіцієнт, для свердла для швидкоріжучій сталі, $K_{S_3} = 1$;

K_{S_4} – коефіцієнт, для жорсткості технологічної системи, $K_{S_4} = 1$;

K_{S_5} – коефіцієнт, для XIII групи сталі, $K_{S_5} = 0,75$.

$$K_{S_o} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,75 = 0,75$$

$$S_{o1} = 0,06 \times 0,75 = 0,045 \text{ мм/об}$$

$$S_{o2} = 0,16 \times 0,75 = 0,12 \text{ мм/об}$$

$$S_{o3} = 0,18 \times 0,75 = 0,135 \text{ мм/об}$$

Розраховуємо швидкість різання по формулі (1.32):

$$V_o = V_{\text{табл.}} \times K_V \quad (1.32)$$

де: $V_{\text{табл.1}}$ – швидкість за першим переходом, $V_{\text{табл.1}} = 14$ м/хв [3, с.273, т.71];

$V_{\text{табл.2}}$ – швидкість за першим переходом, $V_{\text{табл.2}} = 9$ м/хв [3, с.273, т.71]

$V_{\text{табл.3}}$ – швидкість за першим переходом, $V_{\text{табл.3}} = 8$ м/хв [3, с.273, т.71]

K – розраховується за формулою (1.33):

$$K_V = K_{V_1} \times K_{V_2} \times K_{V_3} \times K_{V_4} \times K_{V_5} \quad (1.33)$$

де: всі поправочні коефіцієнти беремо з [1, с.267, т.64];

K_{V_1} – коефіцієнт, що враховує глибину різання, $K_{V_1} = 1$;

K_{V_2} – коефіцієнт, для наскрізного отвору, $K_{V_2} = 0,9$;

K_{V_3} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучого інструменту, $K_{V_3} = 0,73$;

K_{V_4} – коефіцієнт, жорсткості технологічної системи, $K_{V_4} = 1$;

K_{V_5} – коефіцієнт, для групи свердління XIII групи сталі, $K_{V_5} = 0,4$.

$$K_V = 1 \times 0,9 \times 0,73 \times 1 \times 0,4 = 0,2628$$

Після отримання необхідних даних підставляємо їх у формулу та розраховуємо для кожного інструменту окремо.

$$V_{01} = 14 \times 0,2628 = 3,6792 \text{ м/хв}$$

$$V_{02} = 9 \times 0,2628 = 2,3652 \text{ м/хв}$$

$$V_{03} = 8 \times 0,2628 = 2,1024 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання по формулі (1.34):

$$n = \frac{1000 \times V_0}{\pi \times D} \quad (1.34)$$

де: V_c – швидкість різання;

D – діаметр інструмента.

$$n_1 = \frac{1000 \times 3,6792}{3,14 \times 5,5} = 213,04 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \times 2,3652}{3,14 \times 9} = 115,88 \text{ об/хв}$$

$$n_3 = \frac{1000 \times 2,1024}{3,14 \times 10,2} = 65,64 \text{ об/х}$$

Приймаємо для наступні обороти для кожного інструменту:

$$- n_1 = 250 \text{ об/хв.}$$

$$- n_2 = 120 \text{ об/хв.}$$

$$- n_3 = 65 \text{ об/хв.}$$

Розрахуємо робочу подачу мм/хв за формулою (1.35):

$$f_{\text{хв.}} = f_z \times n \quad (1.35)$$

де: f_z – подача на один оберт; [3,табл.70,стр.273];

n – частота обертання шпинделя.

$$f_{\text{хв.1}} = 0,06 \times 250 = 15 \text{ мм/хв}$$

$$f_{\text{хв.2}} = 0,1 \times 120 = 12 \text{ мм/хв}$$

$$f_{\text{хв.3}} = 0,15 \times 65 = 9,75 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо робочу подачу для інструментів:

$$-f_{xв.1} = 23 \text{ мм/хв};$$

$$-f_{xв.2} = 12 \text{ мм/хв};$$

$$-f_{xв.3} = 9 \text{ мм/хв};$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час визначається за формулою (1.36):

$$t_{02} = \frac{l+l_1}{n \times S} \times i \quad (1.36)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, $l=4\text{мм}$;

l_1 – довжина врізання і перебігу $l_1 = 6 \text{ мм}$, [4,к.43,стор.282];

i – кількість проходів, $i = 1$;

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв;

S – подання інструменту, мм/об;

$$t_{02} = \left(\frac{13}{23}\right) \times 15 + \left(\frac{13}{12}\right) \times 26 + \left(\frac{13}{9}\right) \times 68 = 126\text{хв}$$

Операція №50 – Фрезерна

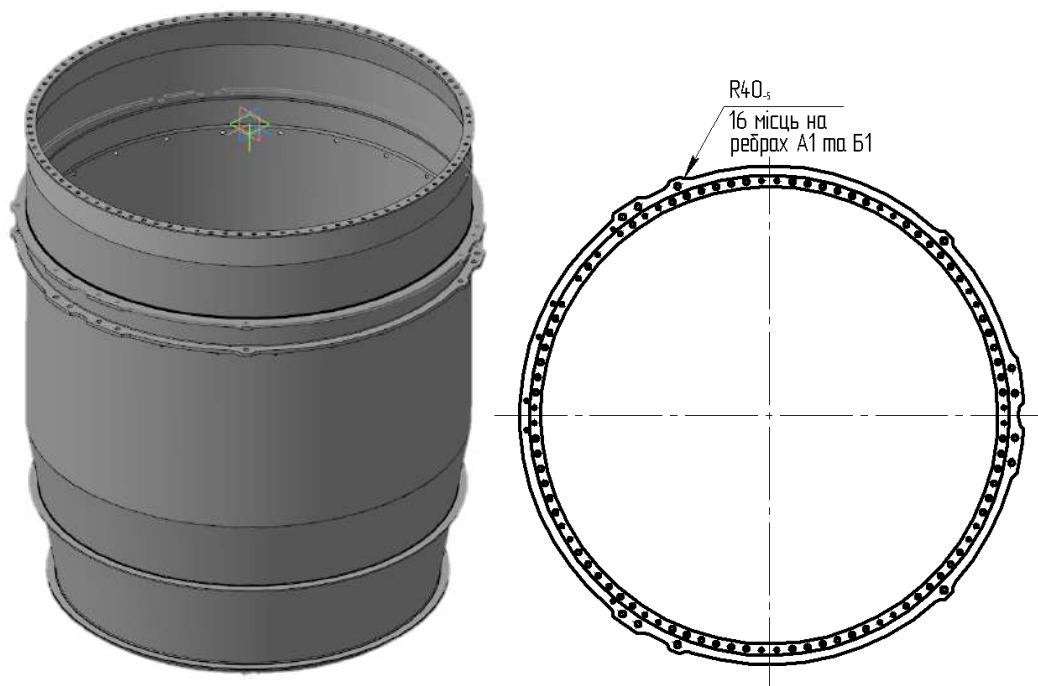


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз деталі на операцію №50 – Фрезерна

Верстат: V20DSC160

Інструмент:

- Фреза конічна $D=40$, $L=250$, $l=80$, $z=4$, $\varphi=90^\circ$, $\omega=10^\circ$, $\gamma=12^\circ$, $\alpha=10^\circ$,
- Конус Морзе 3, Р6М5 ГОСТ17024-82
- Діаметр фрези $D = 40$ мм.
- Глибина різання $t = 45$ мм.

Подача на один зуб $F_z = 0,12$ мм/зуб [1, стр.303, табл. 111].

Розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.37):

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \quad (1.37)$$

де: V_c – швидкість різання, $V_c=22$ м/хв [3,с.321,табл.133]

D – діаметр інструмента

$$n = \frac{1000 \times 22}{3,14 \times 40} = 125,6$$

Приймаємо $n = 125$ об/хв

Розраховуємо робочу подачу для фрезерування мм/хв по формулі (1.38):

$$f_{хв.} = F_z \times n \quad (1.38)$$

де: F_z – подача на один зуб;

n – частота обертання шпинделя.

$$f_{хв.} = 0,12 * 125 = 15$$

Приймаємо подачу $f_{хв.} = 15$ мм/хв

Визначаємо машинний час за формулою (1.39):

$$T_o = \frac{l + y}{n \cdot S_o \cdot Z} \quad (1.39)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=348,9$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

Z – число зубів фрези, $z=4$.

$$T_o = \frac{1348,9 + 3}{125 \times 0,12 \times 4} = 22,53 \text{ хв}$$

На інші операції режими різання вказані у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції	t, мм	S _o , мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	T _o , хв
005	Заготівельна	-	-	-	-	-
010	Термічна обробка	-	-	-	-	-
015	Токарна ЧПК	1,5	0,24	55,2	45	54,5
020	Токарна ЧПК	0,5	0,33	27,87	11	65,7
025	Токарна ЧПК	0,7	0,24	55,2	45	37,3
030	Токарна ЧПК	1,8	0,24	55,2	45	40,7
035	Токарна ЧПК	0,8	0,2	94,2	100	16,1
040	Токарна ЧПК	0,1	0,2	66,5	210	15,28
045	Свердлильна ЧПК	2,75	0,045	3,68	250	126
		3,25	0,12	2,36	120	
		5,1	0,135	2,1	65	
050	Фрезерна ЧПК	5	0,12мм/зуб	22	125	22,53
055	Фрезерна ЧПК	2,5	0,02	19,6	390	34,15
060	Шліфувальна	0,1	0,002/0,36	36,11	50/2300	7,31
065	Шліфувальна	0,1	0,002/0,5	57,93	50/2300	5,48
070	Слюсарна	-	-	-	-	-
075	Маркувальна	-	-	-	-	-
080	Мийна	-	-	-	-	-
085	Контрольна	-	-	-	-	-

1.7 Розрахунок технічної норми часу

У серійному виробництві стандартним часом виконання операції є відрядний розрахунок.

Час розрахунку за операцією визначається за формулою (1.40),(1.41):

$$t_{\text{шт-к.}} = \frac{t_{\text{нз}}}{n} + t_{\text{шт.}} \quad (1.40)$$

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_{\text{всп}} + t_{\text{обс}} + t_n \quad (1.41)$$

де $t_{\text{шт.}}$ – штучний час, хв;

$t_{\text{нз}}$ – підготовчий і заключний час, хв;

n – кількість деталей в партії, $n=8$ шт;

t_o – загальний час на операцію, хв;

$t_{\text{всп}}$ – непродуктивний час, хв;

$t_{\text{обс}}$ – час служби на робочому місці, хв;

t_n – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на операцію (020)

Основний сукупний час на операцію $t_o = 65,7$ хв

Допоміжний час:

$$t_{\text{всп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}} + t_{\text{пр.}} \quad (1.42)$$

де $t_y=0,1$ хв - непродуктивний час на установку і зняття деталі [4, к. 49, стр. 135];

$t_{\text{упр}}=0,015$ хв - непродуктивний час на експлуатацію машини [4, к. 60, стр. 150];

$t_{\text{контр.}}=0,1$ хв - стандартний час перевірки [4, к. 64, стр. 160];

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{прох.}} + t_{\text{изм.реж}} + t_{\text{уст.загр.}} = 0,1 + 0,06 + 0,05 = 0,21 \text{хв} \quad (1.43)$$

де $t_{\text{прох}}=0,1$ хв – час на перехід [4, к. 61, стр. 156];

$t_{\text{зм.реж}}=0,06$ хв – час на перемикання обертів та подачі [4, к. 61, стр. 156];

$t_{\text{вст.защ}}=0,05$ хв – установка бар'єру безпеки [4, к. 61, стр. 156].

$$t_{\text{пер}} = 0,1 + 0,06 + 0,05 = 0,21 \text{хв}$$

$$t_{\text{всп}} = 0,1 + 0,015 + 0,1 + 0,21 = 0,42 \text{хв.}$$

Визначення експлуатаційного часу

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{всп}} = 65,7 + 0,42 = 66,12 \text{хв.} \quad (1.44)$$

Час на утримання робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{он.} = 0,1 \times 66,12 = 6,61 \text{ хв}$$

Час для відпочинку та природних потреб:

$$t_n = 10\% \cdot t_{он.} = 0,1 \times 66,12 = 6,61 \text{ хв.}$$

Визначаємо відрядний час на операцію:

$$t_{ум.} = 66,12 + 6,61 + 6,61 = 79,34 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчий і заключний час для операції:

$$t_{n-3} = t_{n-31} + t_{n-32} \quad (1.45)$$

де $t_{п-31} = 5$ хв – час витрат на технічне обслуговування машини [4,к.50,стр.137];
 $t_{п-32} = 7$ хв – час на витрати, які враховують додаткові роботи, [4,к.50,стр.137].

$$t_{n-3} = 5 + 7 = 12 \text{ хв}$$

Розрахунковий час одиниці операції за операцію, хв

$$t_{ум.-к.} = \frac{12}{8} + 79,34 = 80,84 \text{ хв}$$

Технічне нормування на операцію (045)

Основний сукупний час на операцію $t_o = 126$ хв

Допоміжний час визначаємо за формулою (1.42):

$$t_{всп} = 0,54 + 0,01 + 0,1 + 0,32 = 0,97 \text{ хв}$$

де t_y - непродуктивний час на установку і зняття заготовки $t_y = 0,54$ хв [4, к. 55, стр. 422];

$t_{упр}$ - непродуктивний час на експлуатацію машини, $t_{упр} = 0,01$ хв [4, к. 59, стр. 425];

$t_{контр.}$ - стандартний час перевірки, $t_{контр.} = 0,1$ хв [4, к. 67, стр. 445];

$$t_{пер} = 0,1 + 0,06 + 0,1 + 0,06 = 0,32 \text{ хв}$$

де $t_{прох}$ - час, пов'язаний з проходженням, $t_{прох} = 0,1$ хв [4, к. 65, стр. 443];

$t_{\text{ізм.реж}}$ - час, пов'язаний зі швидкістю перемикавання та швидкістю подачі,
 $t_{\text{ізм.реж}}=0,06$ хв [4, к. 65, стр. 443];

$t_{\text{інст}}$ - час на установку і зняття інструменту, $t_{\text{інст}}=0,1$ хв [4, к. 65, стр. 443];

$t_{\text{зор}}$ - час включення охолоджуючої рідини, $t_{\text{зор}}=0,06$ хв [4, к. 46, стр. 296];

Определяем оперативное время:

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{всп}} = 126 + 0,97 = 126,97 \text{ хв.}$$

Час на утримання робочого місця:

$$t_{\text{обс}} = 8\% \cdot t_{\text{он}} = 0,08 \times 126,97 = 10,16 \text{ хв}$$

Час для відпочинку та природних потреб:

$$t_n = 8\% \cdot t_{\text{он}} = 0,08 \times 126,97 = 10,16 \text{ хв.}$$

Визначаємо відрядний час на операцію:

$$t_{\text{ум.}} = 126,97 + 10,16 + 10,16 = 147,29 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчий і заключний час для операції:

$$t_{n-3} = t_{n-31} + t_{n-32}$$

де $t_{n-31} = 10$ хв – час витрат на технічне обслуговування машини [4, к.50, стр.301];

$t_{n-32} = 8$ хв – час на витрати, які враховують додаткові роботи, [4, к.50, стр.302].

$$t_{n-3} = 10 + 8 = 18 \text{ хв}$$

Розрахунковий час одиниці операції за операцію, хв

$$t_{\text{ум.-к.}} = \frac{18}{8} + 147,29 = 149,54 \text{ хв}$$

Визначення норм часу на операцію (050)

Основний сукупний час на операцію $t_o = 22,53$ хв

Допоміжний час визначаємо за формулою (1.42):

$$t_{всп} = 0,5 + 0,01 + 0,1 + 0,25 = 0,86 \text{ хв}$$

де t_y - непродуктивний час на установку і зняття деталі, $t_y = 0,5$ хв [4, к. 55, стр. 422];

$t_{упр}$ - непродуктивний час на експлуатацію машини, $t_{упр} = 0,01$ хв [4, к. 59, стр. 425];

$t_{контр.}$ - стандартний час перевірки, $t_{контр.} = 0,1$ хв [4, к. 67, стр. 445];

$$t_{пер} = 0,1 + 0,06 + 0,03 + 0,06 = 0,25 \text{ хв}$$

де $t_{прох}$ - час, пов'язаний з проходженням, $t_{прох} = 0,1$ хв [4, к. 65, стр. 443];

$t_{ізм.реж}$ - час, пов'язаний зі швидкістю перемикавання та швидкістю подачі, $t_{ізм.реж} = 0,06$ хв [4, к. 65, стр. 443];

$t_{інст}$ - час на установку і зняття інструменту, $t_{інст} = 0,03$ хв [4, к. 65, стр. 443];

$t_{зор}$ - час увімкнення ЗОР, $t_{зор} = 0,06$ хв [4, к. 46, стр. 296];

Визначення експлуатаційного часу:

$$t_{он} = 22,53 + 0,86 = 23,39 \text{ хв.}$$

Визначення додаткового часу:

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 23,39 = 1,87 \text{ хв.}$$

де $\alpha_{обс} = 4\%$ - часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця [4, к. 68, стр. 449];

$\alpha_{отд} = 4\%$ - час для відпочинку та особистих потреб [4, к. 68, стр. 449];

Визначення відрядної тривалості:

$$t_{ум} = 23,39 + 1,87 = 25,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчий і заключний час для партії заготовок:

$$t_{n-3} = 16 + 2 + 5 = 23 \text{ хв.}$$

Визначаємося з поштучним і розрахунковим часом:

$$t_{ш-к} = 25,26 + \frac{23}{8} = 28,13 \text{ хв.}$$

Результат розрахунку норм часу на інші технологічні операції заносимо в таблицю 1.7.

Таблица 1.7 – Техническая норма времени по операциям

Номер опер.	Наименование операции	Составляющие $T_{шт-к}$						
		t_o	t_b	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-3}$	$t_{шт-к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Заготівельна	-	-	-	-	-	-	-
010	Гермічна обробка	-	-	-	-	-	-	-
015	Токарна ЧПК	54,5	3,21	57,71	5,77	5,77	12	69,55
020	Токарна ЧПК	65,7	0,42	66,12	6,61	6,61	12	80,84
025	Токарна ЧПК	37,3	2,48	39,78	3,97	3,97	20	48,22
030	Токарна ЧПК	40,7	4,49	45,19	4,52	4,52	12	54,53
035	Токарна ЧПК	16,1	1,87	17,97	1,79	1,79	19	22,03
040	Токарна ЧПК	15,28	2,45	17,73	1,77	1,77	10	21,52
045	Свердлильна ЧПК	126	0,97	126,9	10,2	10,2	18	149,54
050	Фрезерна ЧПК	22,53	0,86	23,39	1,87		23	28,13
055	Фрезерна ЧПК	34,15	4,89	39,04	3,9	3,9	13	47,16
060	Шліфувальна	7,31	2,74	10,05	1,0	1,0	20	12,55
065	Шліфувальна	5,48	1,56	7,04	0,7	0,7	7	8,61
070	Слюсарна	-	-	-	-	-	-	-
075	Маркувальна	-	-	-	-	-	-	-
080	Мийна	-	-	-	-	-	-	-
085	Контрольна	-	-	-	-	-	-	-

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

САМ-системи (Computer-Aided Manufacturing) використовуються для автоматизації процесів обробки деталей на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Тут є кілька загальних аспектів, які можуть включати особливості розробки операцій у САМ-системі, такі як NXCAM:

САМ-системи зазвичай надають можливість моделювання різних інструментів для токарних операцій, включаючи гострі інструменти, різці і фрези.

Програмне забезпечення САМ розробляє шляхи руху інструменту на основі введених користувачем параметрів, таких як глибина різання, швидкість різання, використання інструменту, інші обмеження тощо.

Після визначення параметрів операції САМ-система генерує програму для числового програмного управління (G-code), яка потім використовується верстатом з ЧПУ для виконання різальних операцій.

САМ-системи можуть містити інструменти для оптимізації шляхів руху, щоб зменшити час обробки і знизити витрати матеріалів.

Важливою особливістю може бути можливість симулювати та верифікувати роботу програми перед її використанням на реальному обладнанні, щоб уникнути помилок та збитків.

САМ-системи можуть підтримувати різні матеріали і враховувати їхні властивості при розробці операцій.

Системи можуть містити засоби автоматичної діагностики інструментів та операцій для виявлення можливих проблем.

1.8.1 Розробка токарної операції

Етапи розробки технологічної операції показано на рис. 1.10 – 1.12.

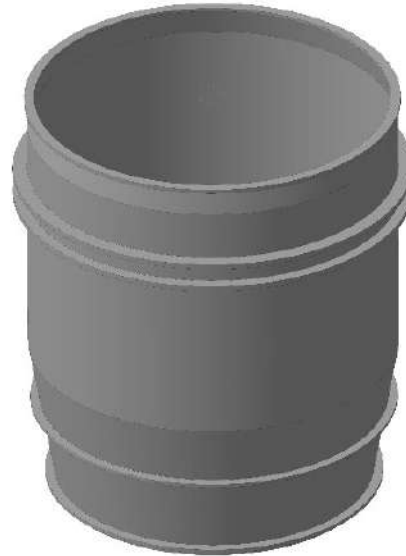


Рисунок 1.10 – 3D модель операційного ескізу

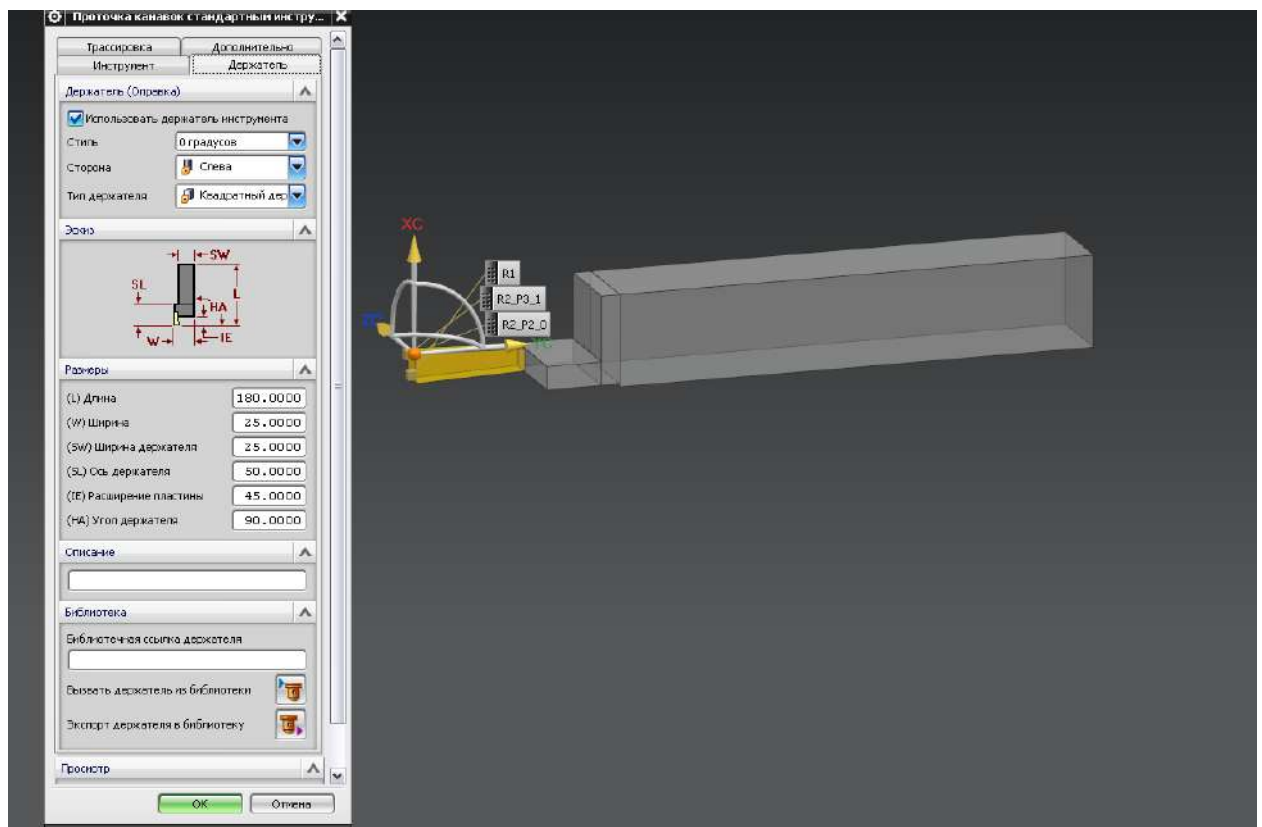


Рисунок 1.11 – Орієнтація інструменту

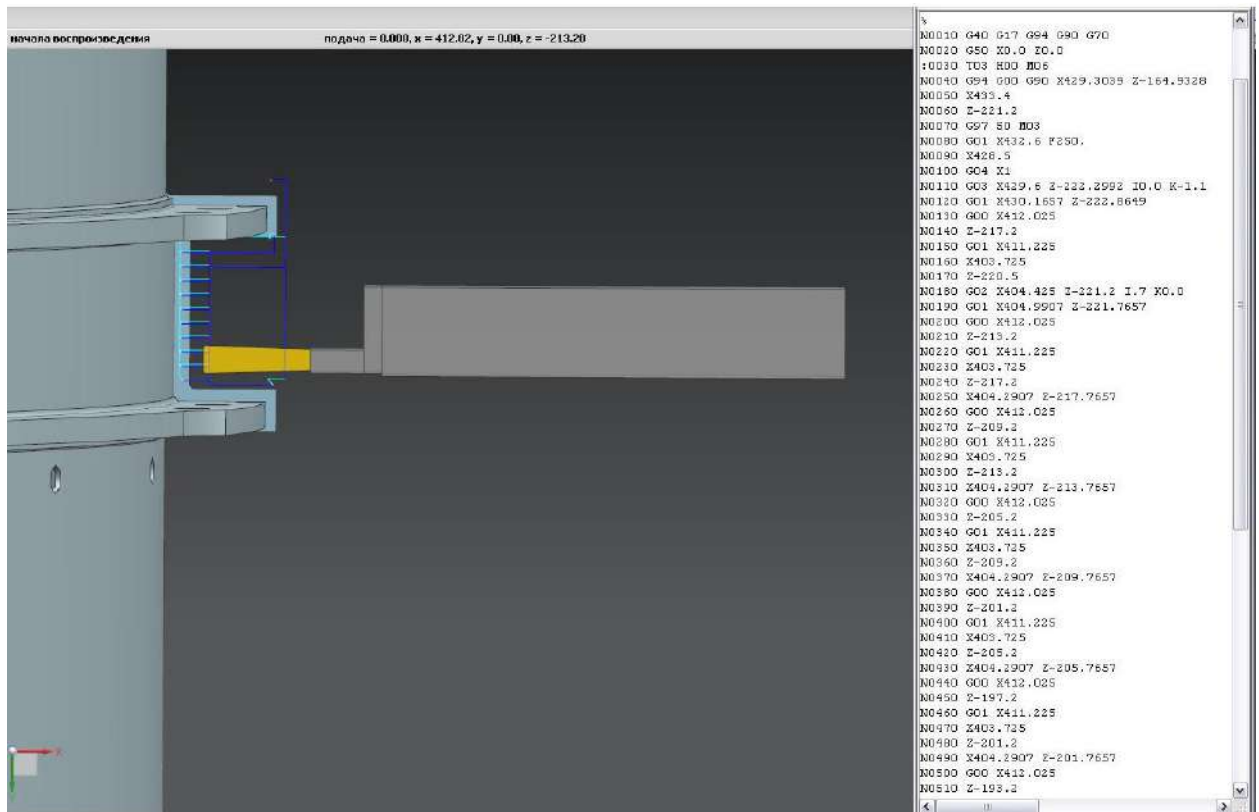


Рисунок 1.12 – Программа обработки в G кодах

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Етапи розробки технологічної операції показано на рис. 1.13 – 1.15.

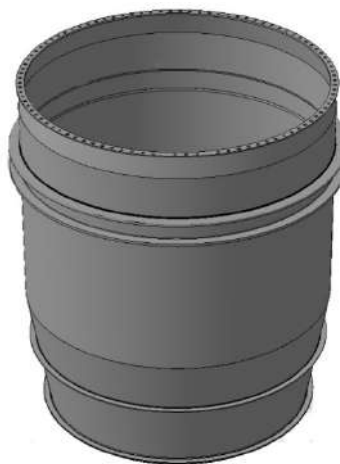


Рисунок 1.13 – 3D модель операційного ескізу

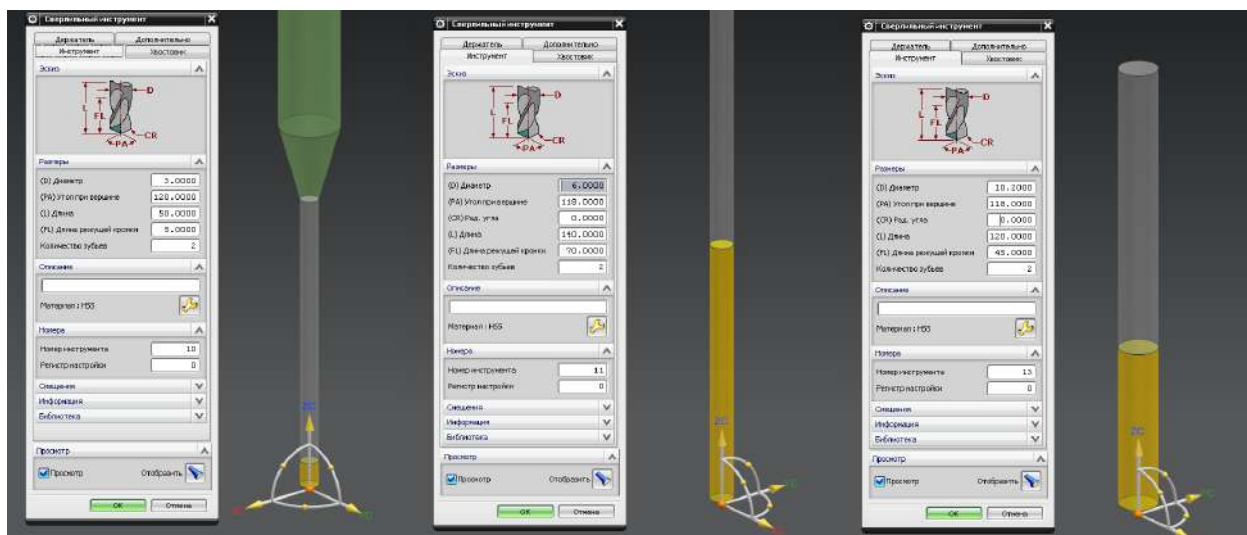


Рисунок 1.14 – Ориентация инструментов

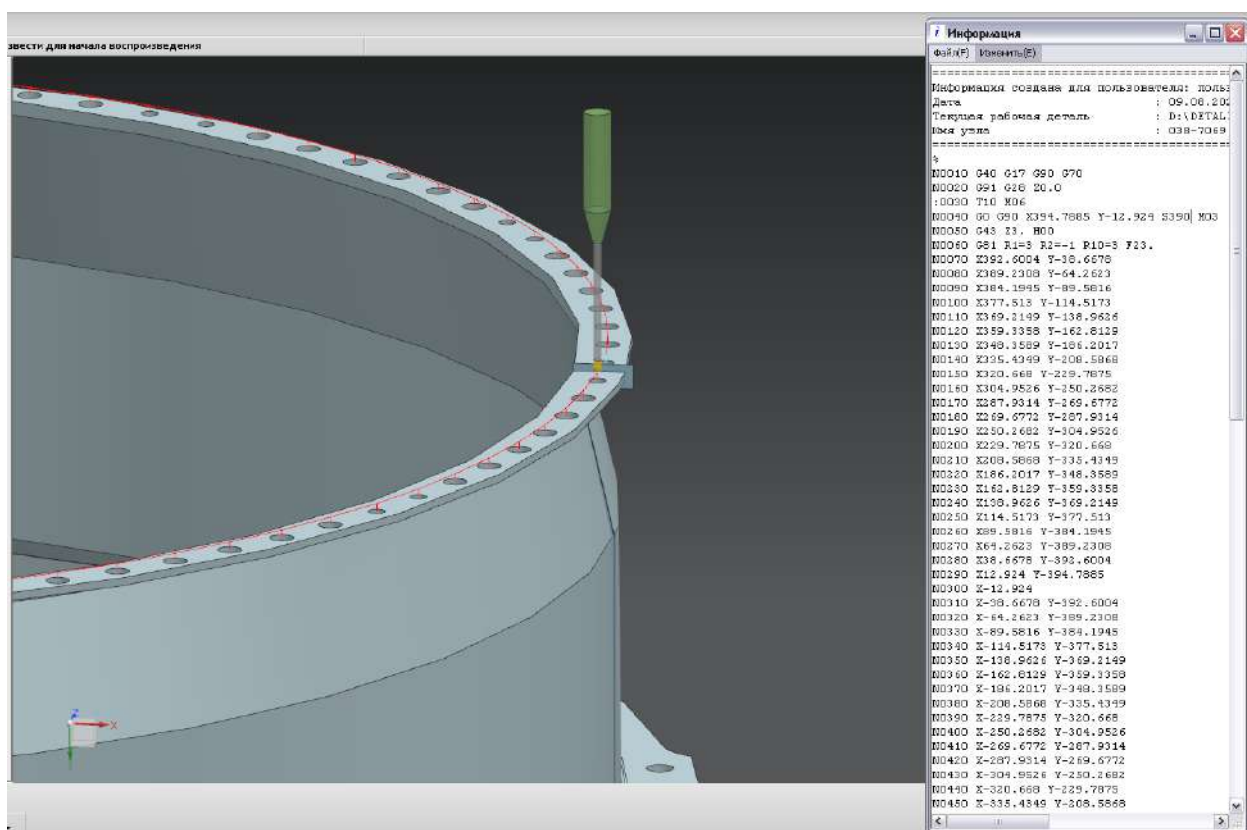


Рисунок 1.15 – Программа обработки в G кодах

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Етапи розробки технологічної операції показано на рис. 1.16 – 1.19.



Рисунок 1.16 – 3D модель операційного ескізу

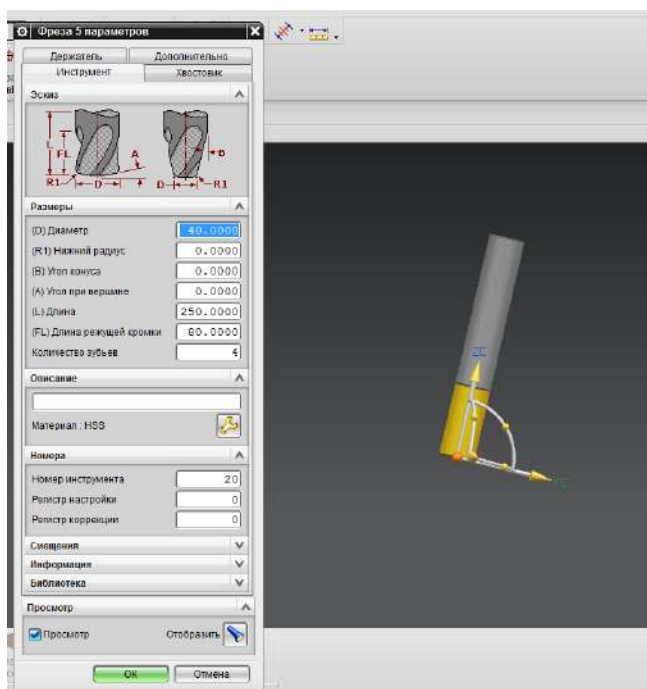


Рисунок 1.17 – Орієнтація інструменту

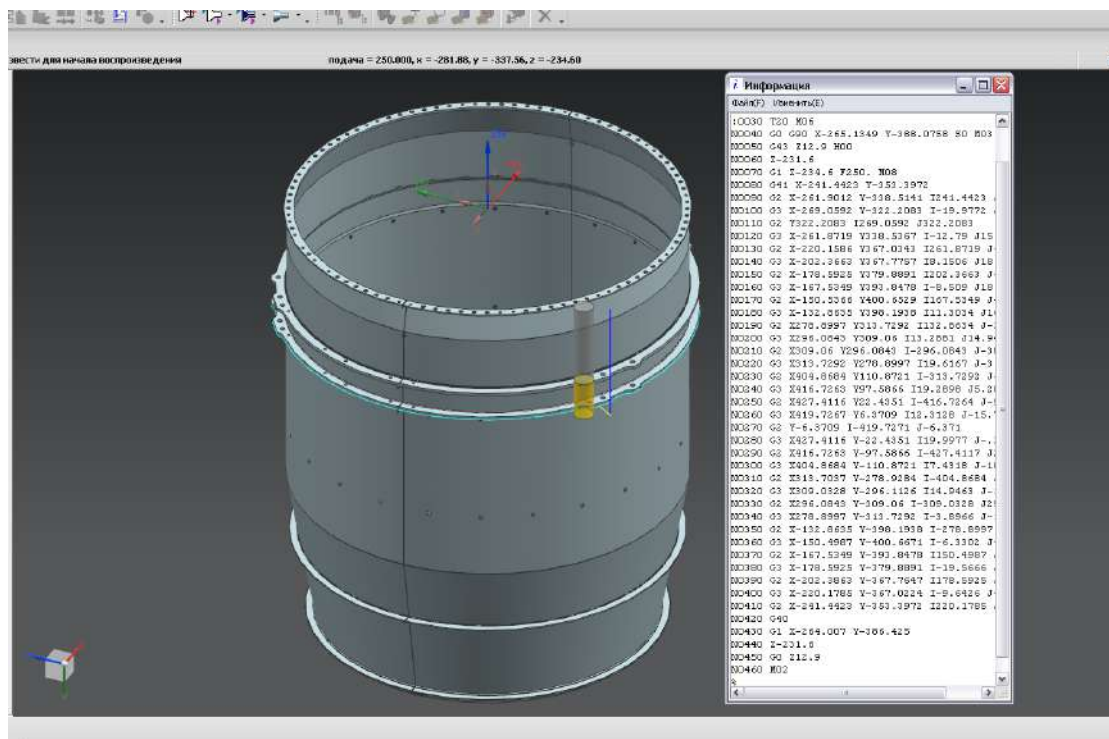


Рисунок 1.18 – Программа обработки в G кодах

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Мембранні пристрої (рис. 2.1) широко використовуються для затиску різних деталей, вони незамінні при обробці тонкостінних втулок і кілець великого діаметру, оскільки забезпечують отримання високої концентричності отвору, що обробляється відносно базової поверхні.

Пристосування являє собою плиту 4 з отворами для встановлення змінної мембрани 2, яка закріплюється на плиті гвинтами. Плита попередньо центрується і остаточно вивіряється по поверхні Б. Після вивірки пристосування закріплюється до планшайби верстата по трьох отворах М16.

Деталь встановлюється до упору з кільцем 5 яке опирається на упори 6. Упори 7 несуть захисну функцію для захисту мембрани від пошкодження. Тяга 8 центрується відносно патрону за допомогою комплексу кілець 9 – 12. Затиск відбувається від зміщення пневматичного приводу 13 вниз він тягу 8 кулачки мембрани стискаються відбувається закріплення деталі, розтиск відбувається у зворотньому напрямку.

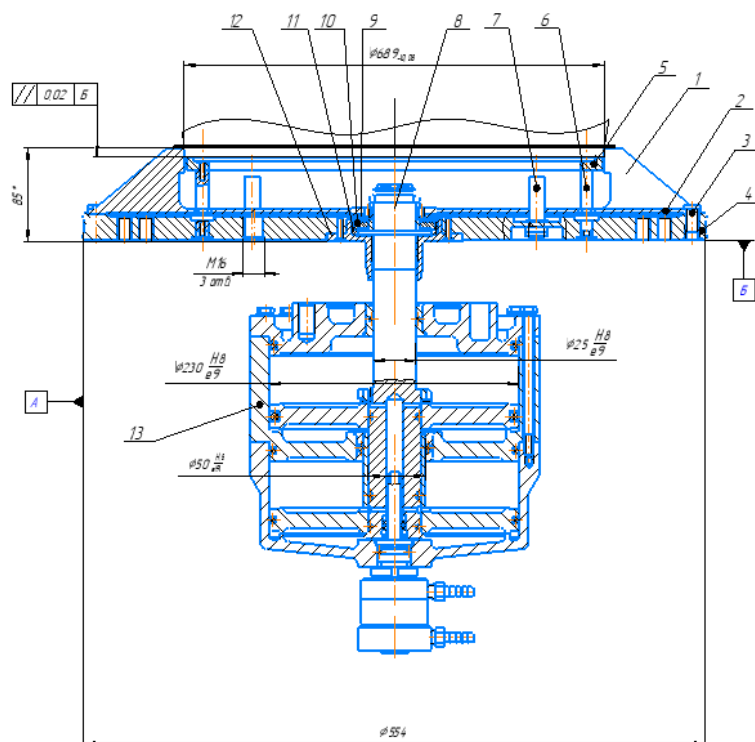


Рисунок 2.1 – Мембранне пристосування для токарно-карусельного верстата з ЧПУ

Для того, щоб механізувати пристрій, я використовую пневматичний привід для спрощення процесу затиску мембрани. Пневматичний привід має ряд переваг, серед яких: швидкість дії; постійна сила затиску та регульована сила затиску; простота конструкції та експлуатації.

Незалежність продуктивності від температури навколишнього середовища. У цьому випадку я пропоную використовувати пневмоциліндр подвійної дії, прямий і зворотний хід якого здійснюється стисненим повітрям.

2.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибка установки - це різниця між максимальними відхиленнями вимірювальної основи щодо розмірів ріжучого інструменту.

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2} \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення.

Похибка базування - це частина похибки встановлення, викликана невідповідністю вимірювальних і настроювальних основ.

Похибка затиску виникає, коли напрямок сили затиску або її складової збігається з величиною обробки.

У моєму випадку похибка базування може виникнути, коли мембрана пристосування самоцентрована. Відкриті діафрагми забезпечують точне центрування при базуванні на зовнішніх поверхнях, оскільки затиск здійснюється за рахунок пружної деформації. Точність центрування деталей з базовими поверхнями, виготовленими за восьмою якістю, знаходиться в межах 0,04... 0,06 мм. [5, с. 279].

Отже, похибка базування становитиме мкм. $\varepsilon_{\text{б}} = 50$

Похибка затиску визначається табличним методом, при якому враховується чистота обробки базової поверхні, геометричні розміри заготовки, тип кріпильних елементів, а також тип затискних пристроїв. [5, с. 134-136] $\varepsilon_{\text{зак}} = 40$ мкм.

У цьому випадку помилка установки така:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ (мкм)}$$

Для того, щоб забезпечити розмір поверхні базування $\varnothing 807_{-0,81}$ мм до поверхні мембранного клина, параметр розрахунку пристосування для точності виготовлення доцільно підбирати у вигляді допуску даного розміру.

Щоб забезпечити задану точність обробки, необхідно дотримуватися наступних умов (2.2):

$$\sum E_i \leq T_{\text{обр}} \quad (2.2)$$

де $T_{\text{обр}}$ – допуск на розмір обробки.

Розрахую допуск для виготовлення пристосування (2.3):

$$T_H \leq T_A - (k_1 \cdot E_6 + E_2 + k_2 \cdot w) \quad (2.3)$$

де $k_1 = 0.8 \dots 0.85$ коефіцієнт, що враховує відхилення позиціонування значень складових значень від знака нормального розподілу через те, що фактичні розміри поверхонь установок рідко дорівнюють крайнім;

E_6 – похибка базування під час роботи;

E_2 – похибка затиску, що виникає в результаті затискних зусиль;

$k_2 = 0.6 \dots 0.65$ – понижуючий коефіцієнт w , який враховує частку похибки обробки, викликані факторами, що знаходяться поза контролем пристосування;

w – середня економічна точність обробки за операцію [5, табл. 4.2Г...4.2Е, 4.24, 4.25];

$T_{\text{пр}}$ – допуск на виготовлення пристосування.

$$T_H \leq 810 - (0,85 \cdot 50 + 40 + 0,65 \cdot 25)$$

$$T_H \leq 810 - 98,8$$

$$T_H \leq 711,2$$

В результаті можна зробити висновок, що для забезпечення точності на поверхню обробки точність виготовлення пристосування повинна бути менше 711,2 мкм

2.2.3 Визначення необхідної сили затиску

Вихідними даними для визначення зусиль затиску в діафрагмовому пристосуванні є: момент різання і діаметр базової поверхні деталі.

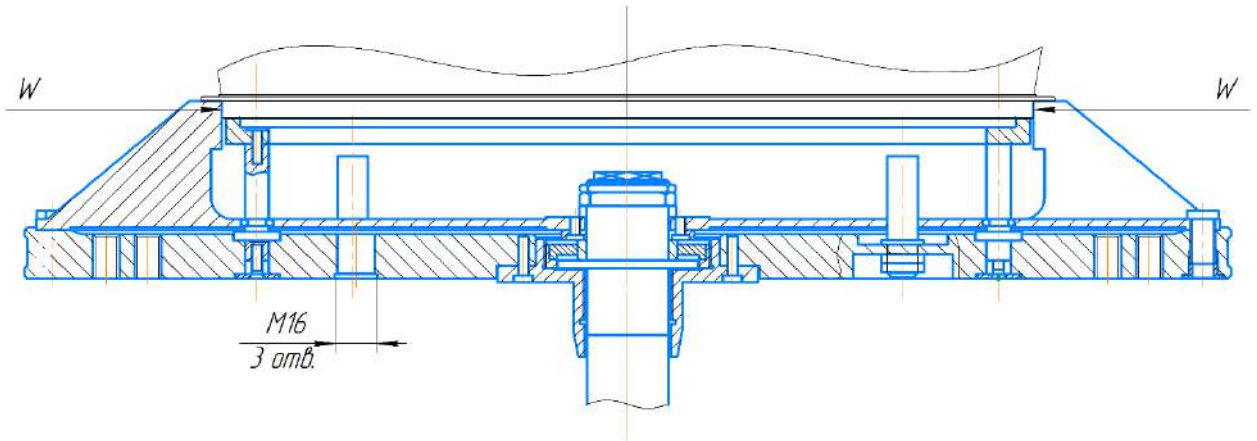


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Розрахую момент різання.

$$M = P_x \cdot l \quad (2.4)$$

де P_x – осьова сила різання в напрямку однакої сили затиску.

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (2.5)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту і твердості оброблюваного матеріалу.

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.6)$$

$$K_p = 1.8 \cdot 0.78 \cdot 1.0 \cdot 0.85 \cdot 1.0 = 1.19$$

$$P_x = 10 \cdot 243 \cdot 0.8^{0.9} \cdot 0.2^{0.6} \cdot 94.2^{-0.3} \cdot 1.19 = 230.3 \text{ (Н)}$$

Тоді момент різання становить:

$$M = 230,3 \cdot 844 = 194373,2 \text{ (Н·мм)}$$

Необхідне радіальне зусилля затиску на одному кулачку діафрагми для передачі заданого крутного моменту:

$$W_0 = \frac{k \cdot M}{2 \cdot n \cdot f \cdot d} \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності, наближення $k=2.5$;

n – кількість кулачків;

f – коефіцієнт тертя базової поверхні деталей і кулачка, застосовується рівним 0.15 до 0.18.

$$W_0 = \frac{2.5 \cdot 194373,2}{2 \cdot 12 \cdot 0.16 \cdot 689} = 183,66 \text{ (кН)}$$

За таблицею 11.1 стр. 285 [5] залежно від діаметра базової поверхні деталі визначаємо діаметр мембрани 695 мм.

Циліндрична жорсткість мембрани розраховується за формулою 2.8:

$$B = \frac{E \cdot s^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \quad (2.8)$$

де $E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругості;

s – товщина мембрани;

$\mu = 0.3$.

$$B = \frac{2.1 \cdot 10^5 \cdot 8.5^3}{12 \cdot (1 - 0.3^2)} = 11810096$$

Кут розтиску кулачків при затиску деталі з найменшим діаметром:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot d}{2 \cdot B \cdot (1 + \mu)} \quad (2.9)$$

де $M_3 = 0.825$ кН·мм – затискний момент по відношенню діаметра діафрагми до діаметра заготовки.

$$\varphi = \frac{0.825 \cdot 10^3 \cdot 689}{2 \cdot 11810096 \cdot (1 + 0.3)} = 0.01 \text{ (рад)}$$

Зусилля на клині діафрагми, що розвивається пневмоциліндром, визначається за формулою:

$$Q = W \cdot \frac{d}{D \cdot n} \cdot tg \varphi \quad (2.10)$$

де W – необхідне зусилля затиску, Н;

d – діаметр, на якому базується заготовка, мм;

D – діаметр діафрагми, мм;

φ – кути тертя в місцях зіткнення клина з опорними роликами, град.

$$Q = 183,66 \cdot 10^3 \cdot \frac{689}{695 \cdot 12} \cdot tg 8^\circ = 2132,4 \text{ (Н)}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою (2.11):

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot \eta \quad (2.11)$$

З цієї, формули діаметр визначається за формулою (2.12):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \quad (2.12)$$

де $\rho = 0.5$ МПа-Тиск у пневматичному циліндрі;

$\eta = 0.9$ - КПД пневматичний циліндр.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2132,4}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,23 \text{ м} = 230 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра зі стандартного асортименту $D = 230$ мм. [5, стр. 141, табл. 7.4]

У конструкції світильників використовуються деталі, які зазнають різних навантажень (внутрішніх, центруючих, температурних). Напруження, що виникають в частинах, називаються нормальними, якщо складова напружень σ спрямована убік уздовж нормалі до ділянки, і дотичні напруження, якщо компоненти напружень τ діють в площині ділянки.

Нормальні напруги вважаються позитивними, якщо вони розтягуючі. Зсувні напруги не мають ознаки.

У сконструйованому пристосуванні слабкою ланкою є різьблення на штоку пневмоциліндра.

Розрахуємо різьблення для зсуву і зминання.

Визначте величину напруги зсуву в різьбі стрижня за формулою (2.13):

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot H \cdot k_m}, \quad (2.13)$$

де P – сила, що діє на витки різі, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, м;

$k=0.87$ – коефіцієнт повноти різі;

H – довжина різі у проушині, м;

$k_m=0.75$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження по витках різби з урахуванням пластичної деформації.

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{230,3}{3,14 \cdot 36 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87 \cdot 23 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75} = 0,14 \text{ (МПа)}$$

Максимально допустима напруга зсуву для цього матеріалу становить $[\tau]_{\text{ср}} = 106 \text{ МПа}$.

Тому: $\tau_{\text{ср}} < [\tau]_{\text{ср}}$.

Розрахунок різі на зминання проводиться за формулою (2.14):

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4P}{\pi(d^2 - d_1^2) \cdot k_m \cdot Z}, \quad (2.14)$$

де d – зовнішній діаметр різі, м;

Z – кількість витків на довжині згвинчування ($Z=18$).

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \cdot 230.3}{3.14(0.04^2 - 0.036^2) \cdot 0.75 \cdot 18} = 715 \text{ (кПа)}$$

Допустима напруга руйнування для упорного матеріалу становить $[\sigma]_{\text{см}} = 282 \text{ МПа}$. Тому: $\sigma_{\text{см}} < [\sigma]_{\text{см}}$.

За результатами розрахунків робимо висновок, що різьблення вудилища витримає навантаження, що виникають в процесі експлуатації пристрою.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Даний контрольний пристрій призначений для перевірки радіального биття циліндричної поверхні. Пристосування являє собою плиту 9, на якій розташована стійка зі штангою 14. Штанга 14 стосується поверхні деталі, передаючи показання, через важільний механізм, на індикаторний годинник 11. Індикаторний годинник служить для регулювання натягу торкання штанги до поверхні деталі. На плиті 9 встановлена легкоконусна оправка, яку встановлюється деталь.

Радіальне биття визначається як різницю найбільшої та найменшої відстані від точок реальної поверхні, віддалених від осі центру деталі. Зовнішній вигляд пристосування показано на рисунку 2.3.

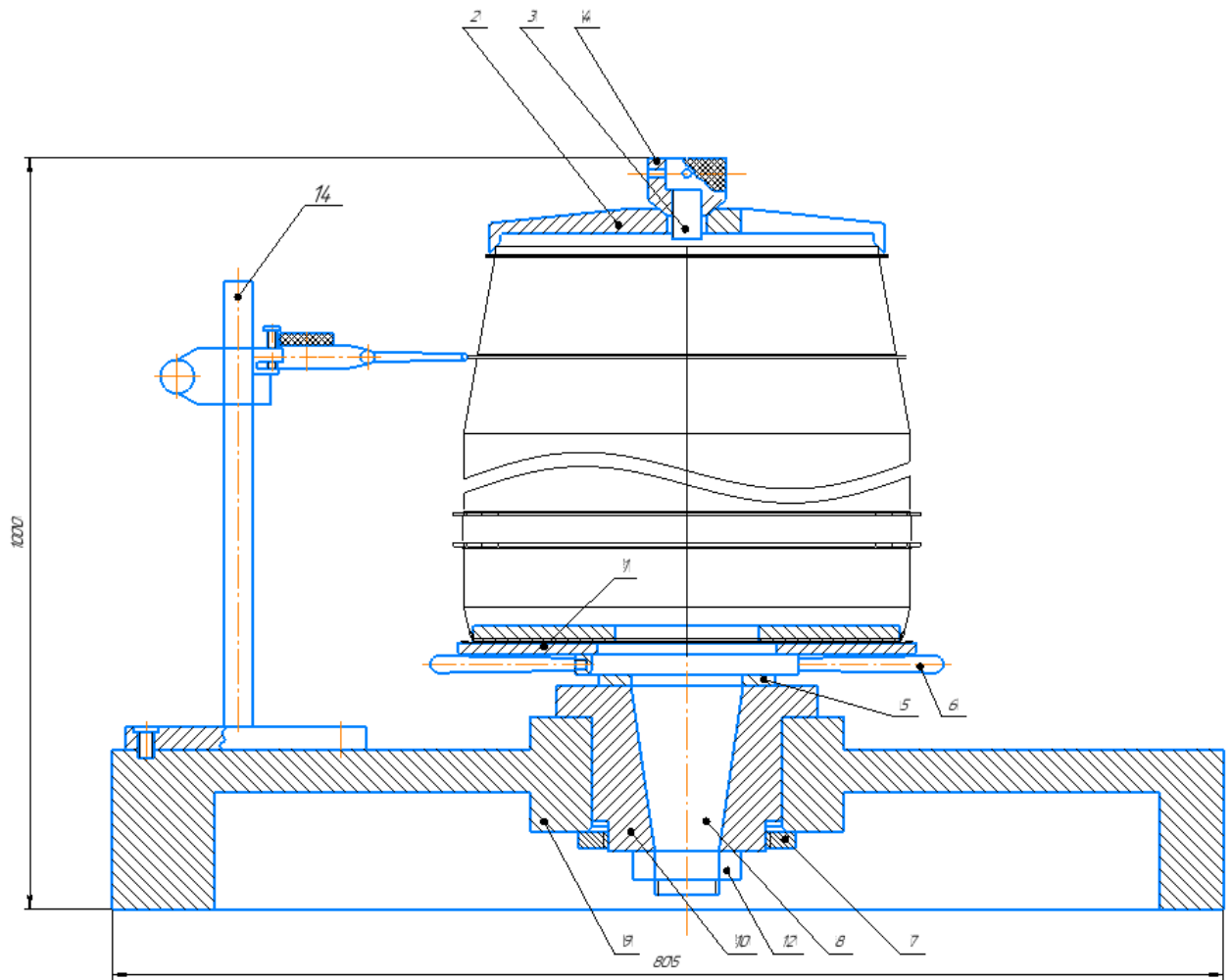


Рисунок 2.3 – Контрольне пристосування для перевірки биття

Допустиму похибку вимірювань знаходять за формулою (2.15):

$$[\varepsilon_{\text{изм}}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times T_k, \quad (2.15)$$

де $[\varepsilon_{\text{изм}}]$ – допустима похибка вимірювань;

T_k – допуск на розмір, $T_k = 0,08 \text{ мм}$.

$$[\varepsilon_{\text{изм}}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times 0,08 = 0,01 \text{ мм} = 10 \text{ мкм}$$

Розрахунок сумарної похибки вимірювання КІП.

$$E_{\text{кип}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta t + \Delta_{\text{ус}}, \quad (2.16)$$

де Δ_p – помилка передаточного пристрою, тому що в конструкції нашого контрольно-вимірювального приладу немає передавального пристрою, $\Delta_p = 0$;

$\Delta_{\text{э}}$ – похибка виготовлення еталонної деталі, $\Delta_{\text{э}} = 0$;

$\Delta_{\text{ин}}$ – похибка обраного вимірювального приладу $\Delta_{\text{ин}} = 2 \text{ мкм}$;

Δ_t – помилка, викликана зміною температури навколишнього середовища, в нашому випадку $\Delta t = 0$;

Δ_{yc} – похибка, викликана вимірювальним зусиллям через деформацію контакту. Визначимо фактичну похибку за формулою Герца:

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,032 \text{ мкм},$$

де P_{yc} – вимірювання сили, H ($P_{yc} = 2H$);

r – радіус вимірювального наконечника, мм ($r = 5 \text{ мм}$);

K – коефіцієнт в залежності від матеріалу наконечника ($K = 0,81$).

$\mathcal{E}$ – помилка в положенні деталі, що перевіряється в пристосуванні.

Він визначається як:

$$\mathcal{E} = \sqrt{\mathcal{E}_6^2 + \mathcal{E}_3^2 + \mathcal{E}_{np}^2}, \quad (2.17)$$

де $\mathcal{E}_6$ – помилка базування. У нашому випадку вона дорівнює нулю.

$\mathcal{E}_3$ – виправлення помилки. Так як вимірювання проводиться без фіксації $\mathcal{E}_3 = 0$.

$\mathcal{E}_{np}$ – неточність при виготовленні елементів пристосування, що бере участь у формуванні розмірного ланцюга. Вона визначається квадратичним підсумовуванням елементарних похибок, викликаних як неточністю виготовлення деталей для установки вимірювальних приладів, так і базуванням об'єкта, що перевіряється.

$$\mathcal{E}_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.18)$$

де $\Delta_1 = 0$ – відхилення положення осі наконечника від заданої точки вимірювання.

$\Delta_2 = 4$ мкм – похибка положення наконечника в горизонтальному напрямку.

$\Delta_3 = 4$ мкм – помилка осевого зміщення.

$\Delta_4 = 0$ – похибка вимірювання відхилення від паралельності руху вимірювального наконечника щодо осі отвору в кронштейні. Розбіжність між рухом наконечника і вимірюваним параметром викликає похибку в соті частки мікрометра, тому нею можна знехтувати.

$$\Delta_5 = 0$$

$\Delta_6 = 0$ – похибка, пов'язана з невідповідністю напрямку вимірювання та розміру.

Тоді:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} = \sqrt{0 + 4^2 + 4^2 + 0 + 0 + 0} = 5,65 \text{ мкм}$$

Похибку положення вимірюваної деталі можна обчислити за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 5,65^2} = 5,65 \text{ мкм}$$

Підставляючи знайдені значення, отримуємо фактичну сумарну похибку контрольно-вимірювальних приладів:

$$\varepsilon_{кип} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\sigma} + \Delta_{ин} + \Delta_t + \Delta_{yc},$$

$$\varepsilon_{кип} = 5,65 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0,32 = 7,97 \text{ мкм.}$$

Порівнюючи фактичну кумулятивну похибку $\varepsilon_{кип}$ з допустимим $|\varepsilon_{изм}| = 10 \text{ мкм}$, робимо висновок про дотримання необхідної умови точності:

$$\varepsilon_{кип} = 7,97 \text{ мкм} < 10 \text{ мкм.}$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Автоматизація вимірювання поверхонь за допомогою пневматичного інструменту

Прогресивним методом контролю внутрішніх діаметральних поверхонь є використання пневматичних калібрів та спеціального програмного забезпечення. Зовнішній вигляд подібної системи показано на рисунку 3.1 [6].



Рисунок 3.1 – Система по вимірюванню внутрішніх діаметральних поверхонь

Даний метод вимірювання є безконтактним порівняльним методом вимірювання. Він використовується в промисловості більше 80 років. Концепція вимірювання ґрунтується на законі фізики, відповідно до якого потік і тиск прямо пропорційні зазору та реагують обернено один на одного. Зазор у цьому випадку відноситься до відстані між соплом датчика повітря та деталлю. Зі збільшенням зазору потік повітря також збільшується, а тиск повітря пропорційно зменшується. Коли зазор зменшується, потік повітря також зменшується, а тиск повітря зростає (рис. 3.2) [6].

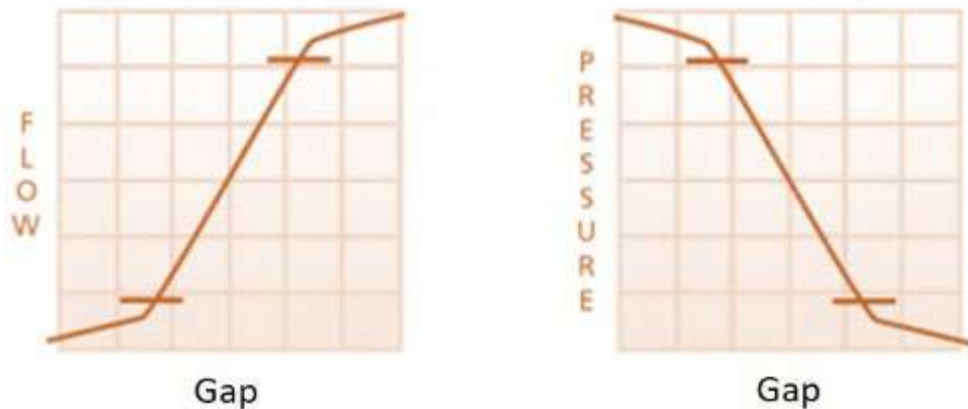


Рисунок 3.2 – Залежність тиску та повітряного зазору та степені потоку [6]

Це стало можливим завдяки регульованому потоку повітря через сопло в повітряних жиклерах манометрів. Насадка виконує роль обмежувача. Коли вимірюваний продукт наближається до сопла, потік повітря зменшується, а протитиск збільшується. Коли сопло повністю закупорене, потік дорівнює нулю, а протитиск дорівнює регульованому повітрю. І навпаки, коли сопло відкрито в атмосферу, потік повітря максимальний, а протитиск мінімальний. Потім різниця тиску перетворюється електронним способом, щоб отримати точне розмірне значення. Принципова схема подібної системи показана на рисунку 3.3.

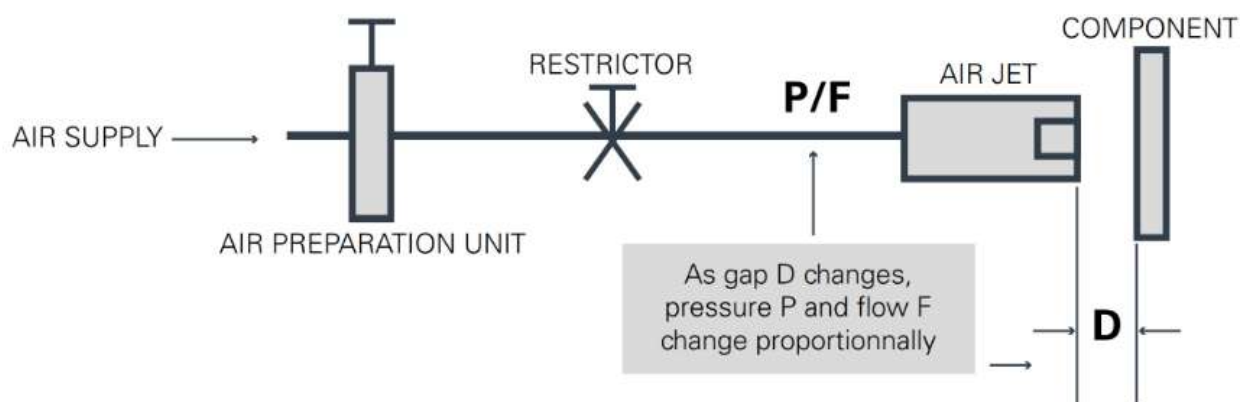


Рисунок 3.3 – Принципова схема системи вимірювання [6]

Повітряне вимірювання чудово підходить для вимірювання м'яких, високополірованих, тонких карманів, делікатних компонентів, які потребують

високої точності. Чим менший діапазон, тим краща повторюваність, до кількох нанометрів. За допомогою повітря можна виміряти безліч характеристик: внутрішній і зовнішній діаметри, а також багато геометричних характеристик, таких як конусність, площинність, округлість, биття, квадратність, прямолінійність тощо [6].

У результаті вимірювання повітря використовується в багатьох галузях промисловості, зокрема: автомобільний; аерокосмічний корабель; виготовлення підшипників; медичний галузь; прес-форми; компоненти машин; та багато інших.

Переваги використання вимірювання повітря. Простота використання, оператору не потрібно буде проходити спеціальне навчання для використання обладнання. Оператори не зможуть вплинути на результати вимірювання. Вимірювання повітря можна використовувати для вимірювання складних геометричних допусків. Висока точність і повторюваність. Можливість вимірювання деталей без їх попереднього очищення. Технологія особливо добре підходить для автоматизації. В таблиці 3.1 показано технічні параметри вказаного методу вимірювання [6].

Таблиця 3.1 – Технічні параметри методу вимірювання

Рекомендований діапазон:	до 0,15 мм (150 мкм)
Максимальний діаметр:	до 500 мм
Роздільна здатність дисплея:	до 0,01 мкм (зазвичай 0,1 мкм)
Макс. помилка:	<0,1 мкм
Теоретична лінійність:	Діапазон вимірювання, поділений на 80-100 (залежно від манометра)
Повторюваність:	до 0,02 мкм
Повітряний тиск:	Точне регулювання на 3 Бар

Вимірювання повітрям іноді розглядають як «безконтактний» тип вимірювання. При вимірюванні повітря точкою вимірювання є середня площа поверхні, яку охоплює повітря з повітряних струменів. Якщо ми розглядаємо обробку або шорсткість поверхні заготовки, повітроміри вимірюють середнє значення піків і западин, яким піддається повітряний струмінь. Це відрізняється від контактного типу вимірювального приладу, як-от калібру з отвором у цьому прикладі. Вимірюється лише на вершинах поверхні. На рисунку 3.4 показано типові інструменти для вимірювання [6].

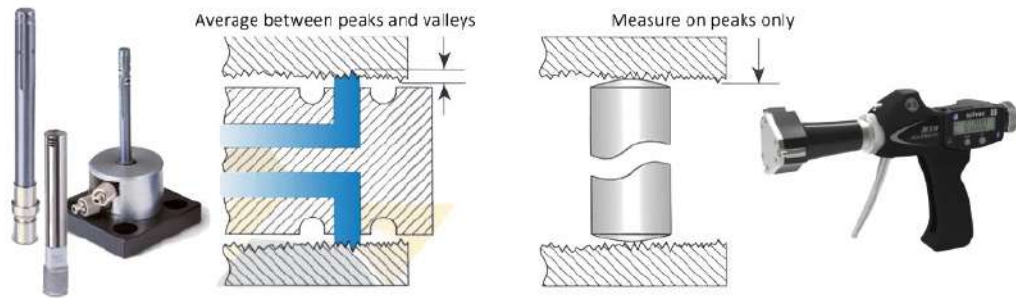


Рисунок 3.4 – Інструменти для вимірювання розмірів тиском повітря

Одним із способів вимірювання зовнішнього діаметра за допомогою повітромірів є використання кільцевого повітроміру. Це робиться шляхом вставлення деталі в кільцевий калібр повітряної струменя. Зазвичай для полегшення вимірювання компонентів використовується напрямна. Це робиться для того, щоб запобігти швидкому зносу кільцевого калібру повітряного струменя. Для ручного вимірювання також використовуються повітроміри у формі фіксаторів. Використовується для монтажу в світильниках і для автоматичних вимірювальних машин. Зовнішній вигляд таких калібрів показано на рисунку 3.5 [6].



Рисунок 3.5 – Манометричні калібри

Нижче наведено приклад використання подібної системи для контролю геометричних параметрів автомобільного шатуна. У цьому прикладі ми хочемо досягти гнучкої станції керування. Він повинен мати можливість вимірювати 25 різних типів шатунів повітрям і зондом всього за кілька секунд. Номер деталі та інша інформація буде введена сканером штрих-кодів. Температурна компенсація також враховується при використанні датчика типу К. Дані вимірювань також потрібно буде експортувати на сервер після вимірювання. На рисунку 3.6 показано параметри які будемо контролювати зазначеним методом [6].

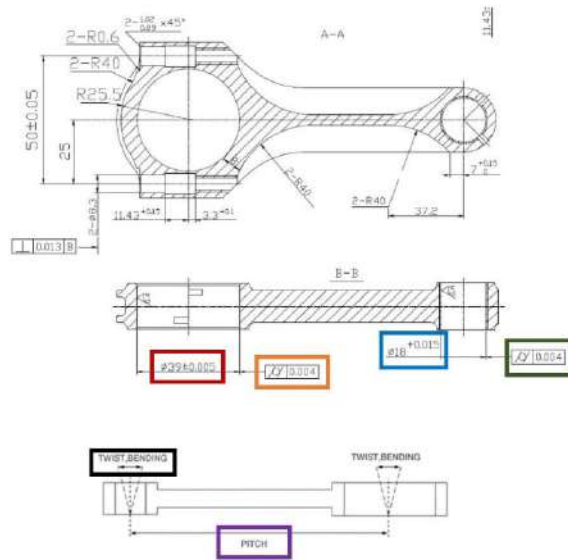


Рисунок 3.6 – Автомобільний шатун

Параметри, які будуть контролюватися за допомогою повітромірів: діаметр малого кінця на 2 різних рівнях; паралельність малого торцевого діаметра; діаметр великого кінця на 2 різних рівнях; паралельність малого торцевого діаметра; вигин малого кінця порівняно з великим; скручування малого кінця порівняно з великим. На рисунку 3.7 показана осьова відстань (крок) між малим і великим кінцями буде вимірюватися зондом. Вимірювання виконується наступним чином: Манометри повітряних пробок для малих і великих кінців можна легко змінити відповідно до діаметрів і товщини. Повний набір датчиків повітряної пробки, що охоплює 25 різних типів шатунів, поставляється разом із затиском. Манометр повітряної пробки для великого кінця встановлений на рухомому елементі для покриття різних відстаней між центрами [6].



Рисунок 3.7 – Вимірювання геометричних параметрів шатуна [6]

У цьому прикладі D400S відігравав важливу роль у вимірювальній станції, оскільки надавав багато переваг. По-перше, ми змогли мати одночасне відображення вимірюваних розмірів на одному екрані. Усі конфігурації, що відповідають різним типам шатунів (у цьому випадку 25 різних типів), можна зберегти в D400S. Ми також змогли підключити сканер штрих-кодів, щоб ввести інформацію в D400S. Ми також змогли активувати температурну компенсацію за допомогою температурного модуля M_Bus TP. D400S також може виконувати необхідний статистичний аналіз і експортувати дані на сервер користувача. На рисунку 3.8 показана вимірювальна станція.



Рисунок 3.8 – Установка для вимірювання [6]

4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

4.1 Використання 3D сканерів у механічній інженерії

У сучасному виробничому середовищі автоматизація, якість і кількість отриманої інформації про продукт є важливими факторами успіху. Для досягнення цих цілей багато галузей промисловості покладаються на 3D-сканери для отримання точної та детальної інформації про їхні продукти на кожному етапі виробництва.

Але що таке 3D-сканери, як вони працюють і як вони можуть покращити виробничі процеси? У цій статті ми розглянемо ці питання на прикладах 3D-сканерів від Scantech, одного з провідних виробників інструментів 3D-сканування [7].

3D-сканер, також відомий як оптична вимірювальна машина, — це пристрій, який може фіксувати форму та геометрію об'єктів реального світу та створювати їх 3D-моделі шляхом перетворення отриманих даних у трикутну сітку STL. Потім ці цифрові 3D-моделі можна використовувати для різних цілей, наприклад для контролю якості або розробки продукту.

Ручні інструменти 3D-сканування мають багато переваг перед іншими типами вимірювальних машин. Вони швидші, універсальніші, мобільніші, ніж традиційні методи. Вони можуть вимірювати предмети, не торкаючись до них, що запобігає пошкодженням і деформаціям. Вони також можуть зібрати велику кількість даних за короткий час, що дозволяє детально проаналізувати форму та особливості об'єкта. Завдяки своїй мобільності їх можна легко транспортувати та використовувати в різних місцях і середовищах, навіть у важкодоступних місцях або місцях з вібрацією.

Одним із прикладів компактного та портативного промислового 3D-сканера є SIMSCAN, який вирізняється компактними розмірами та надійною продуктивністю. Він важить всього 0,5 кг і має розмір 200 мм. Його можна помістити в невеликий футляр і підключити до ноутбука, що полегшує його перенесення та використання будь-де. Він також може виконувати точні 3D-вимірювання з точністю до 0,02 мм. На рисунку 4.1 показано зовнішній вигляд портативного 3D сканера [7].



Рисунок 4.1 - Маленький і легкий 3D лазерний сканер – SIMSCAN [7]

Портативний 3D-сканер складається з проектора та камер, які розташовані під фіксованим кутом. Це важливо для отримання достовірних даних про об'єкт сканування. Система самокалібрується, спостерігаючи за спеціальною пластиною в різних положеннях, що дозволяє їй визначати кути між камерами, які могли змінитися через коливання температури або удари.

Існує два основних типи інструментів 3D-сканування, які відрізняються способом проектування світла на об'єкт і отримання отриманих зображень [7].

Пристрої сканування зі структурованим світлом використовують світлодіодний проектор для проектування візерунка ліній на об'єкт, а дві камери записують, як лінії спотворюються формою об'єкта. Деякі з цих інструментів 3D-сканування потрібно встановити на штатив або руку робота, а вимірювання виконується статичним способом, тобто ні портативний 3D-сканер, ні об'єкт не можуть рухатися під час кожного сканування. Це може обмежити мобільність і гнучкість 3D-сканера, особливо під час вимірювання великих або складних об'єктів або в промислових умовах, де можуть бути вібрації або перешкоди.

Ці 3D-сканери продуктів мають широкий спектр застосування в непромислових сферах, оскільки вони підходять для сканування об'єктів середнього та великого розміру з багатими функціями та кольорами, таких як культурні реліквії, статуї та навіть людські тіла. Дані, які вони збирають, мають високу роздільну здатність і багаті деталями [7].

iReal 2E від Scantech — це портативний 3D-сканер, який використовує структуроване світло для захоплення високоякісних 3D-даних різних об'єктів, від людей до об'єктів із текстурою та кольорами. Це професійний інструмент для 3D-інженерів, дизайнерів і дослідників, яким потрібно створювати 3D-моделі для промислових, художніх, медичних або людських тіл.

Лазерні 3D-сканери використовують лазерні випромінювачі для проектування лазерів на об'єкт, а дві камери записують відбиті лазери для визначення положення в просторі. Більшість цих 3D-сканерів є ручними, і вимірювання виконуються динамічним способом, тобто 3D-сканер і об'єкт можуть безперервно рухатися під час вимірювання. Це робить 3D-сканер більш мобільним і адаптованим, оскільки він може вимірювати об'єкти будь-якого розміру чи форми, у будь-якому місці чи середовищі. Будучи нечутливими до перешкод, лазерні 3D-сканери можуть адаптуватися до різних умов вимірювання. Вони підходять для 3D-сканування промислових частин, таких як вітряні турбіни, автомобільне біле в кузові, гідроенергетичне обладнання [7].

Опорні точки використовуються для створення стабільної та точної хмари точок. Це маркери, які розміщуються на об'єкті або навколо нього, наприклад, на системі відліку або тримачі, щоб система знала, як орієнтуватися в просторі та як розташувати дані вимірювань у системі координат. Деякі системи, як-от оптична 3D-вимірювальна система TrackScan-Sharp, використовують зовнішній пристрій відстеження, що робить вимірювання можливим без опорних точок і з високою точністю. Інші системи використовують геометричні або кольорові особливості об'єкта для комбінування окремих сканувань [7].

Процес оцифрування, або 3D-сканування, передбачає переміщення скануючої головки вздовж усієї геометрії об'єкта, щоб система бачила всі поверхні, які ми хочемо проаналізувати. Оскільки існує багато зовнішніх факторів, які можуть впливати на точність 3D-сканера, як-от зміни температури, удари, зовнішні джерела світла, властивості матеріалу та відбиття, певна інформація про ту саму поверхню може бути записана кількома точками. Це необроблені хмари точок усіх координат, отриманих системою, які потім полігонізуються, що означає, що вони автоматично оптимізуються та усереднюються, у результаті чого утворюється рівномірна та точна трикутна сітка STL, яку можна використовувати для подальшого аналізу, наприклад контролю якості або продукту розвитку.

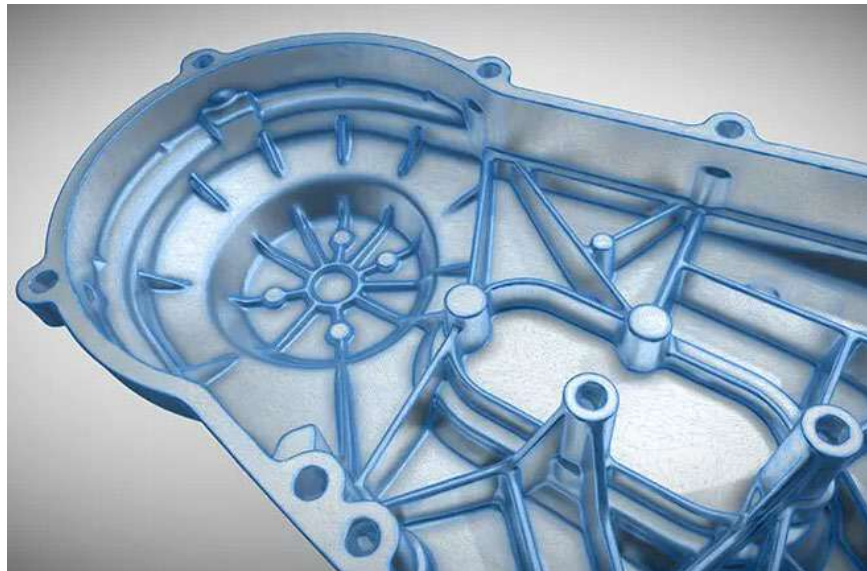


Рисунок 4.2 - Точна трикутна сітка STL [7]

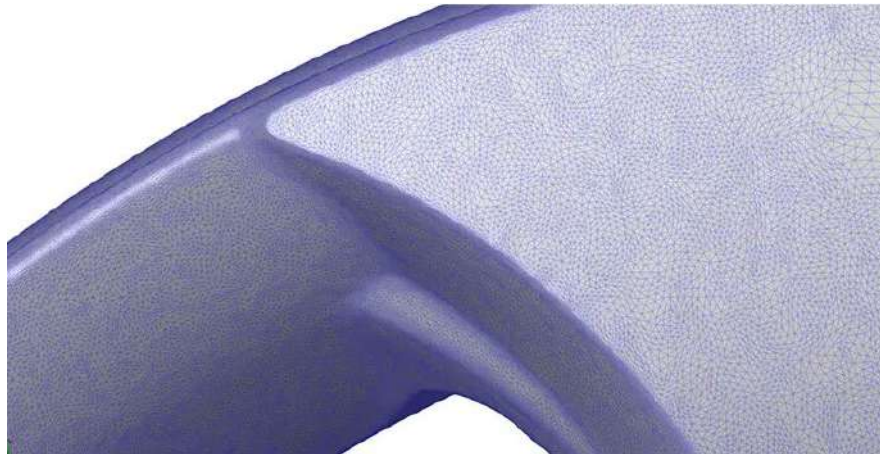


Рисунок 4.3 - Точна трикутна сітка STL з деталями [7]

Портативні 3D-сканери найчастіше використовують для контролю якості продукту, наприклад, визначення розміру або порівняння продукту з номінальною моделлю CAD, а також для розробки продукту, тобто оновлення фактичної частини в цифровій формі.

Завдяки своїй мобільності, універсальності, гнучкості та точності мобільні 3D-лазерні сканери дозволяють виконувати вимірювання в будь-якій галузі бізнесу та промисловості. Вони мають широке застосування в таких галузях, як автомобілебудування, важка промисловість, транспорт, енергетика, аерокосмічна промисловість, медицина чи споживчі товари. На рисунку 4.4 показано сфери застосування 3Д сканерів [7].

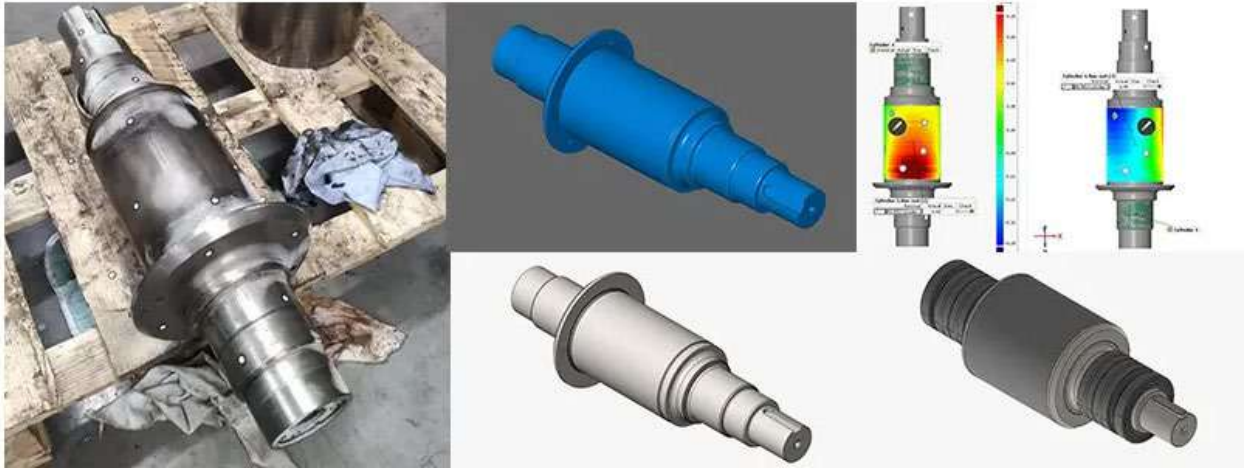


Рисунок 4.4 - Процес підготовки вала до вимірювання, результат 3D сканування, загальне биття та складання з підшипниками [7].

Приклади використання портативних 3D лазерних сканерів: виливки, поковки, прес-форми, інструменти, піщані та воскові стрижні; штампи для лиття під тиском, пластик, вуглецеве волокно та композитні деталі; деталі з листового металу, інструменти для штампування, листовий метал і зварні деталі; автомобільні деталі, кузовні деталі, кузовні роботи, салони та повні автомобілі; корпуси човнів, кают для яхт, моторних човнів і водних мотоциклів; мотоцикли, велосипеди, рами для мотоциклів і велосипедів, імплантати, протези, кінцівки та вся особа; напівпричепи, причепи, сільськогосподарська техніка та інструменти; металоконструкції, зварні конструкції та великогабаритне лиття; турбіни, втулки, вали, ротори та лопаті; окуляри, трафарети та світильники; результати 3D-друку, точіння, фрезерування та обробки з ЧПУ; пам'ятники, антикваріат, скульптури, твори мистецтва та археологічні розкопки; для зворотного проектування та контролю якості [7].

3D-лазерні сканери можуть перевіряти розміри, форму, якість поверхні та дефекти продуктів або деталей відповідно до специфікацій конструкції чи стандартів. Вони також можуть порівнювати різні партії або зразки продуктів або деталей, щоб виявити будь-які варіанти або відхилення.

3D-сканери можуть допомогти з розробкою нових продуктів або деталей шляхом створення прототипів, тестування концепцій, перевірки дизайну або оптимізації продуктивності [7].

Портативні 3D-лазерні сканери дозволяють перевіряти складні або недоступні ділянки продуктів або деталей, які виходять за рамки інших

методів вимірювання. Вони також дозволяють оцінювати великі або важкі об'єкти, які створюють проблеми для переміщення або транспортування

Ручні інструменти лазерного сканування є одними з найбільш адаптованих і універсальних вимірювальних рішень, доступних на ринку. Прикладом цього є SCANTECH KSCAN-Magic, який має цілих три вбудовані зони вимірювання різних розмірів, які можна перемикаати простим натисканням кнопки без зміни оптики [7].

Крім того, цей скануючий інструмент має відмінну запатентовану вбудовану систему фотограмметрії, яка дозволяє виконувати вимірювання великого розміру з високою точністю та стабільністю. Таким чином, ми можемо виконувати 3D вимірювання деталей розмірами від кількох десятків міліметрів до кількох метрів.

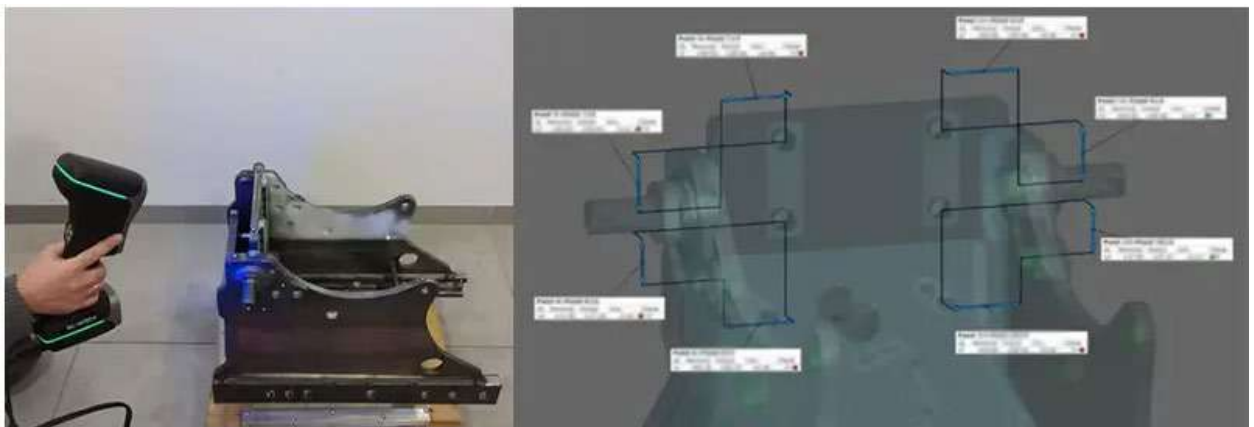


Рисунок 4.5 – Приклад використання системи є SCANTECH KSCAN-Magic [7]

Контроль якості важливий для механічно оброблених і зварних деталей, таких як муфти для тракторів. Ці частини потрібно точно й ефективно виміряти, щоб переконатися, що вони відповідають оригінальному дизайну та специфікаціям.

У цьому випадку замовник використовував для сканування деталі ручний 3D-лазерний сканер KSCAN-Magic, який має велике поле сканування для прискорення процесу вимірювання.

Інженер отримав повні дані сканування деталі та порівняв їх із моделлю CAD, щоб виявити відхилення. Він легкий, компактний і простий у використанні.

3D-система оптичного відстеження використовує оптичний трекер і 3D-сканер для вимірювання форми, розміру та положення об'єктів у трьох вимірах [7].

Перевага 3D-вимірювальних машин з оптичним відстеженням полягає в тому, що вони можуть вимірювати великі, складні та неправильні об'єкти з високою точністю, швидкістю та гнучкістю, не потребуючи фіксації чи переміщення об'єктів або використання складних пристосувань чи спеціальних інструментів [7].

Оптична 3D-вимірювальна система Scantech 3D-система серії TrackScan-P ідеально підходить для вимірювання деталей середнього та великого розміру. Він виконує вимірювання зі швидкістю 2 600 000 вимірювань/с і досягає точності 0,025 мм.

TrackScan-Sharp виводить оптичні вимірювання на новий рівень із відстанню відстеження до 6 метрів, об'ємним діапазоном 49 м³ і об'ємною точністю до 0,049 мм (10,4 м³).

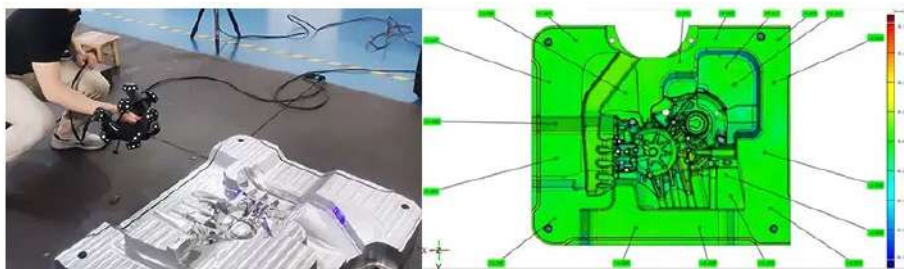


Рисунок 4.6 – Оптична 3D-вимірювальна система Scantech 3D-система серії TrackScan-P [7]

Прес-форми для лиття під тиском часто використовуються для виготовлення складних і великих деталей, таких як циліндри блоків двигунів і корпуси. Однак перевірка форм для лиття під тиском може бути складною через їх розмір і форму. Деякі прес-форми мають відбиваючі поверхні, які можуть заважати точності вимірювання.

Крім того, деякі прес-форми занадто великі, їх потрібно розібрати та транспортувати до вимірювальної лабораторії. Оптична 3D-вимірювальна машина може вимірювати великі та складні об'єкти швидко й точно, не торкаючись і не пошкоджуючи їх [7].

Використовуючи 3D-сканування, виробники лиття під тиском можуть отримати вигоду від швидших і ефективніших процесів перевірки, а також покращеного контролю якості та розробки продукції.

3D-сканування може допомогти виявити дефекти, наприклад тріщини або усадку, порівнюючи дані сканування з моделями CAD. Крім того, 3D-сканування може допомогти оптимізувати прес-форми або деталі, створюючи

точні 3D-моделі, які можна змінювати або аналізувати за допомогою різного програмного забезпечення [7].

Автоматизована система 3D-сканування – це спосіб використання роботів із 3D-сканерами для швидкого, точного та безконтактного вимірювання форми та розміру об'єктів. Цю систему можна використовувати для різних цілей, наприклад для перевірки якості продукції або створення цифрових моделей.

Робочий процес автоматизованої системи 3D-сканування зазвичай включає такі кроки: планування процесу сканування, сканування об'єктів, обробка даних та аналіз результатів.

AM-DESK — це універсальна оптична автоматизована 3D-вимірювальна система, призначена для вимірювання деталей середнього розміру. Її модульна конструкція забезпечує гнучкість планування та швидке складання. Він пропонує рішення для автоматизованого вимірювання для повного контролю якості життєвого циклу [7].



Рисунок 4.7 – Система AM-DESK [7]

3D-сканери є важливими інструментами для багатьох галузей промисловості в усьому світі, оскільки вони пропонують високу точність, мобільність і універсальність. Вони генерують велику кількість даних, які розкривають якість і потенційні дефекти продукту, навіть у неочікуваних областях. Вони також дозволяють відтворювати й оптимізувати деталі без документації чи моделей CAD, що може значно скоротити час проектування нових деталей [7].

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. 3D модель показана на рисунку 5.1.

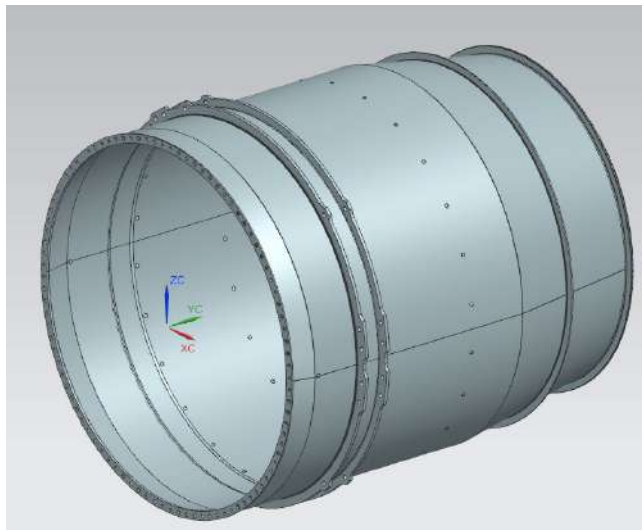


Рисунок 5.1 – 3D заданої деталі

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 5.2.

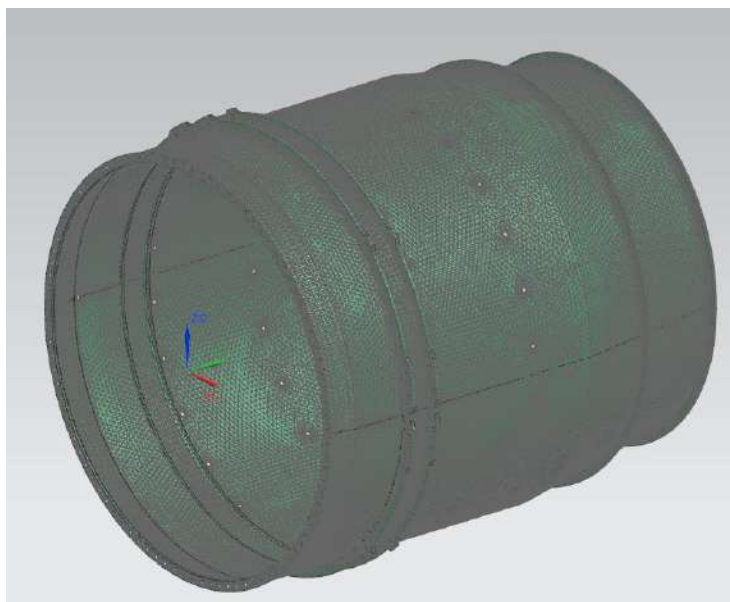


Рисунок 5.2 – Модель розбита на сітку кінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливляють переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 5.3).

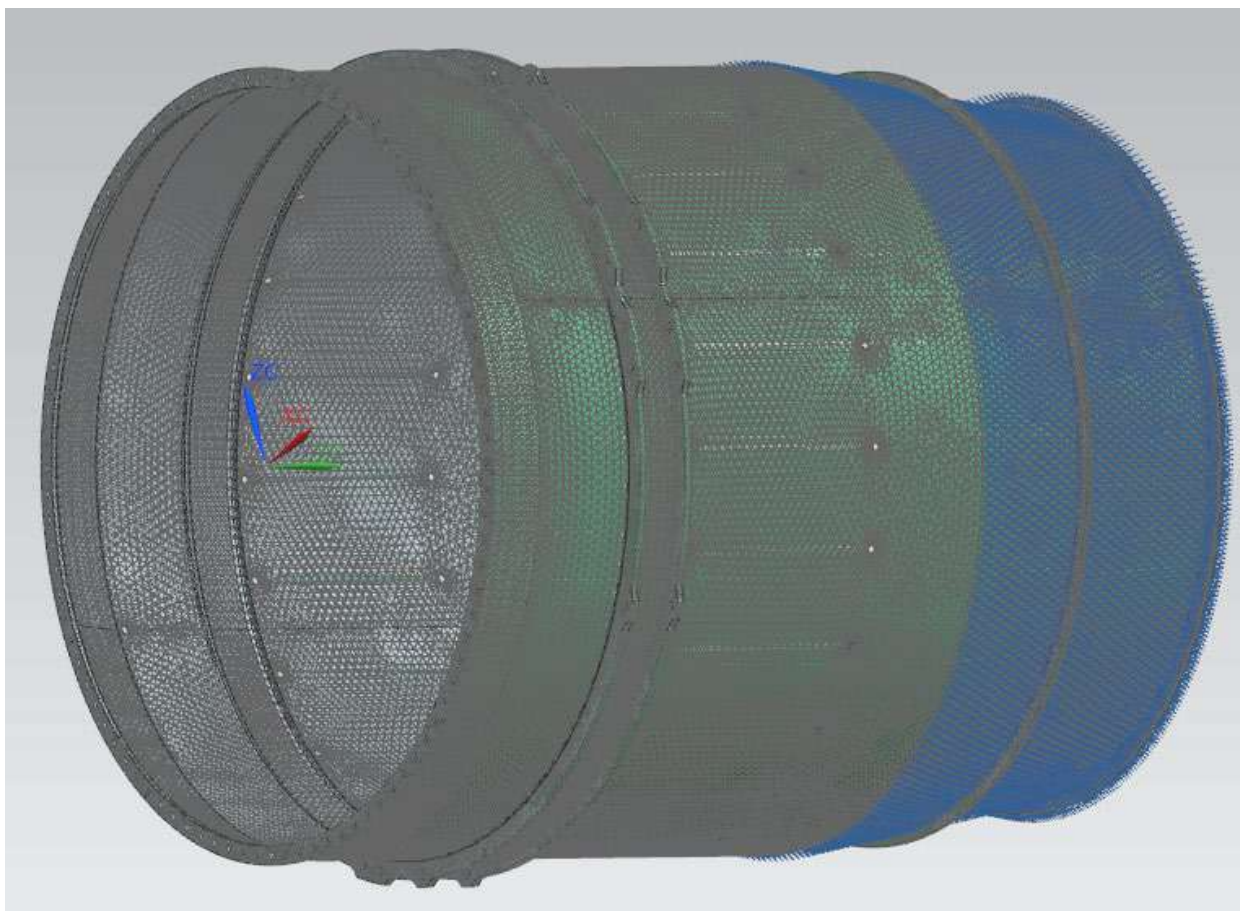


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 5.4).

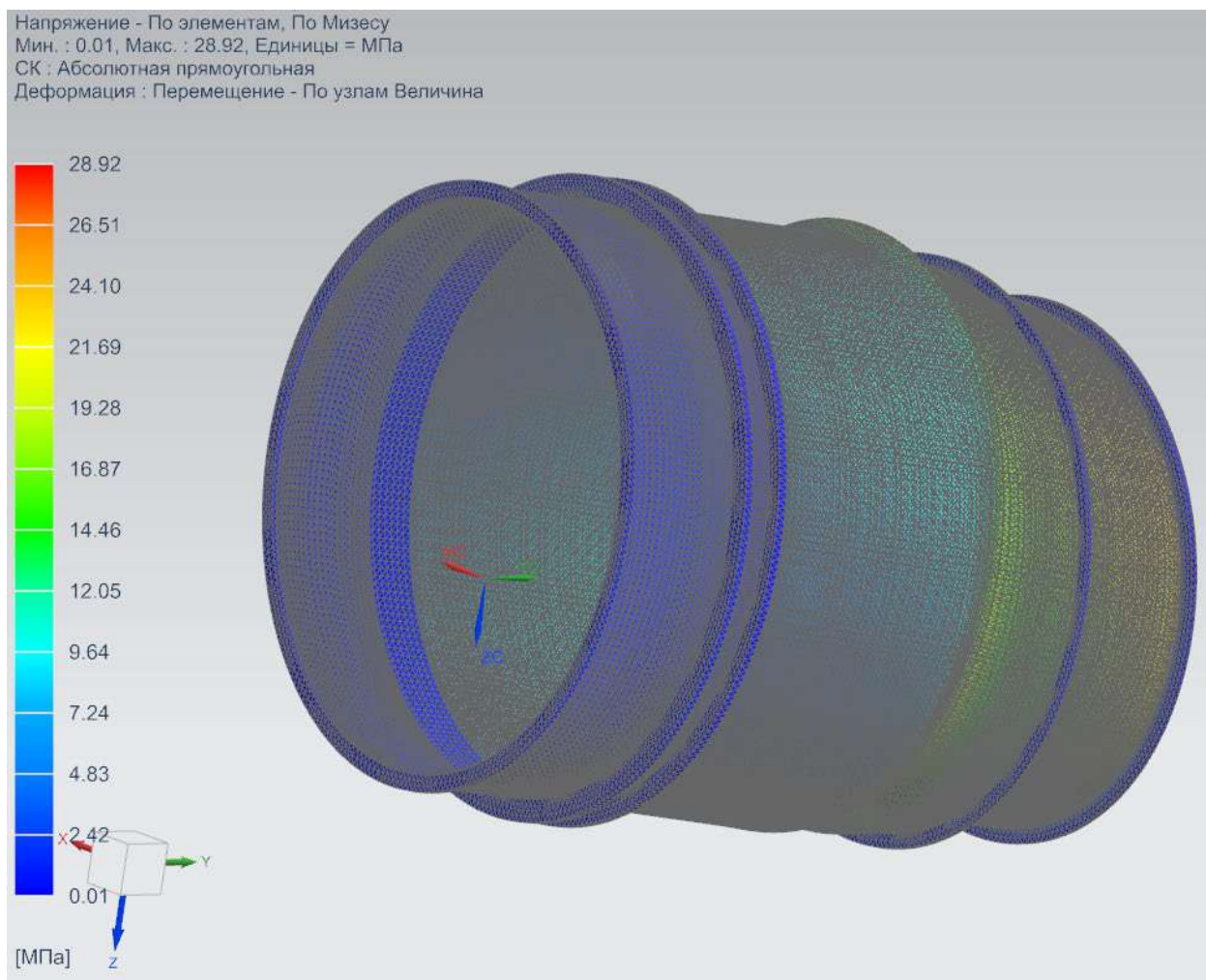


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде тонка стінка біля отвору для того щоби підвищити міцність деталі необхідно виконувати її зміцнення.

6. ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів є важливим кроком у процесі прийняття рішень щодо інвестування та реалізації проектів. Ця оцінка допомагає визначити, наскільки вигідним буде проект з економічної точки зору і чи варто вкладати кошти та ресурси у його реалізацію.

Операції, які виконуються на універсальному обладнанні замінені верстатами з ЧПК. В базовому технічному процесі було чотири операції (таблиця 6.1 та 6.2).

Результати розрахунків занесемо в таблиці 6.1 – 6.17.

Заробітна плата основних виробничих робітників, грн. [8, с.13].

Фонд заробітної плати складається з прямої оплати праці, яка включає оплату роботи відрядників на основі розцінок і оплату роботи почасових працівників за тарифом [8, с.13]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{op}} t_{штi} \cdot C_{тар} \cdot K_б \cdot k_{доп.} \cdot k_{соц.}, \quad (6.1)$$

де m_{op} – кількість операцій у технологічному процесі (таблиця 6.1 та 6.2);

$t_{штi}$ – норма штучного часу виконання і-ої операції, год (таблиця 6.1 та 6.2);

$C_{тар}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника верстатника на операції, грн. [8, т.А.1, с.33];

$K_б$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника верстатника при багатоверстатному обслуговуванні [8, т.2.1, с.13];

$k_{доп.}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату [8, с. 13];

$k_{соц}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, [8, с. 13].

Заробітна плата допоміжних робітників, грн [8, с.14].

Основна та додаткова заробітна плата всіх інших робітників (наладчиків, електронників, транспортних робітників):

$$Z_n = \frac{C_{тар.н} \cdot \Phi_p \cdot Ч_n \cdot k_{доп.} \cdot k_{соц}}{N}, \quad (6.2)$$

де $C_{тар.н}$ - годинна тарифна ставка, грн. [8, т.А.1, с.33];

Φ_p - річний фонд часу одного, год [8, с. 13];

$Ч_n$ - чисельність робітників відповідної категорії, чол.

Амортизаційні відрахування на обладнання та дороге оснащення з тривалим терміном служби, грн [8, с.14]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{K_i \cdot H_{\text{ai}} \cdot t_{\text{oi}}}{100 \cdot F_{\text{д}} \cdot 60}, \quad (6.3)$$

де K_i – первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн. (таблиця 6.1 та 6.2);

H_{ai} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (таблиця 6.1 та 6.2);

t_{oi} – основний (машинний) час на i -ої операції, хв (таблиця 6.1 та 6.2);

$F_{\text{д}}$ – дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (3 розділ), год.

Витрати на інструмент, грн [8, с.15]:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{C_{\text{ін}ij} \cdot t_{\text{шт}ij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)}, \quad (6.4)$$

де $C_{\text{ін}ij}$ – ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі інтернет, грн./шт.;

$t_{\text{шт}ij}$ – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв (таблиця 6.1 та 6.2);

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{\text{маш}}/t_{\text{шт}}$;

T_{ij} – період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, хв [8, т.3.8, с.22];

$n_{\text{ін}}$ – номенклатура інструментів на i -ої операції [8, т.3.8, с.22];

n_j – число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту [8, т.3.8, с.22].

Витрати на технологічну електроенергію, грн [8, с.16]:

$$S_e = \frac{N_{\text{в}} \cdot k_N \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_{\text{в}} \cdot t_{\text{штк}}}{\eta \cdot k_{\text{в}}} \cdot C_e, \quad (6.5)$$

де $N_{\text{в}}$ – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт (таблиця 6.1 та 6.2);

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю [8, с.16];

k_u – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом [8, с.16];

k_{od} – середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата [8, с. 16];

k_w – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу [8, с. 16];

Π_e – вартість 1 кВт·год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт · год).

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання, грн [8, с.16]:

$$S_p = \frac{\Pi_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N}, \quad (6.6)$$

де $\Pi_{то}$ – залишкова вартість обладнання, грн.

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду [8, с. 16];

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом [8, с.16]:

$$S_n = \frac{\varphi \cdot C_{гн} \cdot t_{ин} \cdot t_o \cdot K_T}{T_m \cdot m \cdot 60}, \quad (6.7)$$

де φ – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту [8, с.16];

$C_{гн}$ – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год [8, т.А.1, с.32];

$t_{ин}$ – середній час налаштування одного інструменту, хв [8, с. 17];

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв. (таблиця 6.1 та 6.2);

K_m – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі [8, с.17];

T_m – середня стійкість інструменту, хв. [8, т. 3.15, с. 32];

m – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт. [8, с. 17].

Інші загальновиробничі витрати, грн [8, с.17]:

$$I_n = 3_o \cdot k_{заг}, \quad (6.8)$$

де $k_{заг}$ – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати [8, с.17].

Таблиця 6.1 – Вихідні дані базового ТП

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу			
	Базовий ТП			
Річна програма випуску деталей N_p	1000			
Модель верстата	1516	1516	1516	1516
Штучний час $T_{шт}$, хв.	22,31	8,43	21,4	9,78
Розряд верстатника	5			
Розряд наладчика	4			
Основний час t_{oi} , хв	15,27	6,15	18,48	7,54
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65,1	65,1	65,1	65,1
Число змін m	2			
Оптова ціна верстата F , грн	276000	276000	276000	276000
Число верстатів, шт	1	1	1	1
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	10	10	10	10
Норма амортизаційних відрахувань H_a %	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів, N	55	55	55	55

Таблиця 6.2 – Вихідні дані операції з ЧПК

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу
	Комплексна операція
1	1
Річна програма випуску деталей N_p	1000
Модель верстата	YOU LI VTL1000
Штучний час $T_{шт}$, хв.	48,22

Продовження таблиці 6.2

1	1
Розряд верстатника	5
Розряд наладчика	4
Основний час t_{oi} , хв	37,3
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65,1
Число змін m	2
Оптова ціна верстата F , грн	800500
Число верстатів, шт	1
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	15
Норма амортизаційних відрахувань H_a %	12,2
Встановлена потужність електродвигунів, N	37

Розраховуємо технологічну собівартість поелементним методом для базового та комплексного ТП:

- а) тип виробництва базового та комплексного технологічного процесу, скориставшись даними щодо трудомісткості операцій;
- б) кількість верстатів на кожну операцію C_p (формула 6.1);
- в) прийнята кількість робочих місць P (формула 6.4);
- г) фактичний коефіцієнт завантаження верстата $\eta_{зф}$ (формула 6.5).

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P}; \quad (6.8)$$

Кількість операцій O , що виконуються на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{зф}}{\eta_{зф}}. \quad (6.9)$$

Таблиця 6.3 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт}$, хв.	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	K_{30i}
1	2	3	4	5	6	7	8
025	Токарна	22,31	0,1	1	0,1	1,25	1,25
030	Токарна	8,43	0,04	1	0,04	1,47	1,47

Продовження таблиці 6.3

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	K_{30i}
1	2	3	4	5	6	7	8
035	Токарна	21,4	0,1	1	0,1	2,13	2,13
040	Токарна	9,78	0,05	1	0,05	1,05	1,05

$$\sum O = 5,9$$

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{30i}=5,9/4=1,48$. Отже, тип виробництва – багатосерійний.

Таблиця 6.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	K_{30i}
025	Токарна з ЧПК	48,22	0,23	1	0,23	2,15	2,15

Заробітну плату основних виробничих робітників розраховуємо за формулою (6.1).

Таблиця 6.5 – Заробітна плата верстатника базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_{тар, грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	K_{δ}	$З_o, грн$
025	Токарна	22,31	65,1	1,2	1,4	1	40,6
030	Токарна	8,43	65,1	1,2	1,4	1	15,36
035	Токарна	21,4	65,1	1,2	1,4	1	39,01
040	Токарна	9,78	65,1	1,2	1,4	1	17,83

$$\sum Z_o = 112,8$$

Таблиця 6.6 – Заробітна плата верстатника комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_{тар, грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	K_{δ}	$З_o, грн$
025	Токарна з ЧПК	48,22	65,1	1,2	1,4	1	87,89

Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків) – за формулою (6.2).

Таблиця 6.7 – Заробітна плата наладчиків за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	С _{тар.н} , грн	Ф _р , год	Ч _н	k _{доп}	k _{соц}	З _н , грн
025	Токарна	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
030	Токарна	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
035	Токарна	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
040	Токарна	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42

$$\Sigma = 693,68$$

Таблиця 6.8 – Заробітна плата наладчика комплексної операції

№ опер	Найменування операції	С _{тар.н} , грн	Ф _р , год	Ч _н	k _{доп}	k _{соц}	З _н , грн
025	Токарна з ЧПК	50,2	2028	1	1,2	1,4	173,42

Амортизаційні відрахування на обладнання – за формулою (6.3).

Таблиця 6.9 – Відрахування на амортизацію обладнання базового ТП

№ опер.	Найменування операції	Т _{шт} , хв.	К, грн	Н _а , %	Ф _д	А _{від} , грн.
025	Токарна	22,31	276000	12,2	2056	6,08
030	Токарна	8,43	276000	12,2	2056	2,3
035	Токарна	21,4	276000	12,2	2056	5,84
040	Токарна	9,78	276000	12,2	2056	2,67

$$\Sigma A_{\text{від}} = 16,89$$

Таблиця 6.10 – Відрахування на амортизацію обладнання комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	Т _{шт} , хв.	К, грн	Н _а , %	Ф _д	А _{від} , грн.
025	Токарна з ЧПК	48,22	800500	12,2	2056	37,17

Витрати на інструмент розраховуємо за формулою (6.4).

Таблиця 6.11 – Витрати на інструмент базового ТП

№	Операція	T _{шт} , хв.	Ц _i , грн	Інструменти	n _i , кількість інстр.	Стійкість Т, хв	Число переточок, n	η _{мі}	S _{ін} , грн
025	Токарна	22,31	144	Різець	1	60	40	0,6	0,78
030	Токарна	8,43	185	Різець	1	60	40	0,57	0,36
035	Токарна	21,4	154	Різець	1	60	40	0,8	1,07
040	Токарна	9,78	154	Різець	1	60	40	0,85	0,52

 $\Sigma = 4$ $\Sigma = 2,73$

Таблиця 6.12 – Витрати на інструмент комплексної операції

№	Операція	T _{шт} , хв.	Вартість			Стійкість Т, хв	η _{мі}	Число ріж. граней n	S _{ін} , грн
			Інструментальний блок*, у.о.	Інструмент*, у.о.	Пластина у.о.				
025	Токарна з ЧПК	48,22	300	143	13,5	60	0,48	4	13,4

* – Витрати, включені в договір про постачання обладнання

 $\Sigma = 13,4$

За формулою 6.7 знайдемо витрати на налаштування інструментів поза верстатом за базовим та новим варіантом:

$$S_{\text{баз}} = \frac{1,3 \cdot 693,68 \cdot 16 \cdot 47,44 \cdot 0,16}{60 \cdot 4 \cdot 60} = 7,6$$

$$S_{\text{нов}} = \frac{1,3 \cdot 173,42 \cdot 4 \cdot 37,3 \cdot 0,2}{60 \cdot 4 \cdot 60} = 0,47$$

Витрати на технологічну електроенергію розраховуємо за формулою (6.5).

Таблиця 6.13 – Витрати на силову електроенергію базового ТП

№	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_e, \text{грн./кВт} \cdot \text{год}$	$N_e \text{ кВт}$	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_W	η_e	k_B	S_e
025	Токарна	22,31	3,45	55	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	51,34
030	Токарна	8,43	3,45	55	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	19,4
035	Токарна	21,4	3,45	55	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	49,25
040	Токарна	9,78	3,45	55	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	22,51

$$\sum = 142,5$$

Таблиця 6.14 – Витрати на силову електроенергію комплексної операції

№ опера	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_e, \text{грн./кВт} \cdot \text{год}$	$N_e \text{ кВт}$	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_W	η_e	k_B	S_e
025	Токарна з ЧПК	48,22	3,45	37	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	74,65

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання розраховуємо за формулою (6.6).

Таблиця 6.15 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання базового ТП

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	$S_p, \text{грн}$
025	Токарна	0,02	0,041	0,82
030	Токарна	0,02	0,041	0,82
035	Токарна	0,02	0,041	0,82
040	Токарна	0,02	0,041	0,82

$$\sum = 3,28$$

Таблиця 6.16 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	$S_p, \text{грн}$
025	Токарна з ЧПК	0,02	0,085	4,1

Інші загальновиробничі витрати, грн [8, с.17] розраховуємо за формулою (6.8):

$$I_{\text{баз}} = 112,8 \cdot 0,2 = 22,56$$

$$I_{\text{комп}} = 87,89 \cdot 0,2 = 17,58$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 6.17.

Таблиця 6.17 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти	
		Базовий ТП	Комплексна операція
Заробітна плата верстатника	$З_o$	112,8	87,89
Заробітна плата наладчика	$З_n$	693,68	173,42
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	16,89	37,17
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	3,28	4,1
Витрати на налаштування інструменту поза верстатом	S_n	7,6	0,47
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	2,73	13,4
Витрати на електроенергію	S_e	142,5	74,65
Витрати інші	I_n	22,56	17,58
Технологічна собівартість	C_T	1002,04	408,68

Розрахуємо умовний економічний ефект, грн [15, с.6]:

$$E_{yp} = (C_1 - C_2) \cdot N, \quad (6.9)$$

де C_1 та C_2 – собівартість одиниці продукції базового ТП та комплексної операції, грн.;

N – річний випуск продукції, шт.

$$E_{yp} = (1002,04 - 408,68) \cdot 1000 = 593360 \text{ грн.}$$

Отже, впровадження комплексної операції в ТП знижує витрати на 10441800 грн. щорічно, що свідчить про успішність та ефективність запропонованих технологічних заходів.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Як відомо, на здоров'я людини впливає багато різноманітних факторів. Ступінь такого впливу залежить від терміну дії окремого чинника, від рівня його небезпеки, від фізіологічних особливостей людини. В умовах сучасного виробництва суттєво збільшилось навантаження на орган зору майже всіх фахівців незалежно від посади. Згідно літературних джерел, приблизно 80% інформації (професійної, розважальної, побутової, про наявність або відсутність небезпеки) людина пізнає через зір. Останнім часом все більше людей мають вади зору. Якість їх життя суттєво погіршується та має багато труднощів, неприємностей, небезпек. Тому, суттєве значення має організація робочого простору відповідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» та розробка профілактичних заходів по його збереженню. Нормативно зазначено, що приміщення, в яких постійно перебувають люди, обов'язково повинно мати природне освітлення [9].

Воно має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих, позитивно впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин, покращує настрій та загальне самопочуття. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб (наприклад, вірусу грипу). Окрім того, природне світло впливає на людей психологічно, створюючи в виробничому приміщенні відчуття безпосереднього зв'язку з навколишнім середовищем. [10].

Природному освітленню властиві і недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору, що є суттєвим негативним фактором при роботі на комп'ютері. [10].

Рівень природного освітлення приміщення залежить від: світлового клімату в різних географічних місцях (Запоріжжя належить до 4 поясу); розміру та орієнтація вікон; ступіню та чистоти скла в них; кольорового оформлення стін та стелі виробничого приміщення; глибини приміщення, що впливає на освітлення віддалених від вікон робочих місць; наявності предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні будівлі. Вікна можуть розташовуватись з одного боку будівлі, з двох сторін (найчастіше в цехах), як ліхтарі у даху. У виробничих та громадських приміщеннях незавжди

вдається забезпечити нормовані значення природного освітлення, тому наявність загального штучного освітлення є обов'язковою.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником — коефіцієнтом природного освітлення (КПО). В умовах бокового одностороннього освітлення визначається на відстані одного метра від стіни, яка знаходиться якнайдалі від вікон. Рекомендується щоб відношення між глибиною приміщення та висотою вікон над робочою поверхнею (найчастіше 0,8м) не перевищувала 8. [9].

Розрахуємо яка сумарна площа та розмір вікон є достатніми для постійного виконання робіт середньої точності (4 розряд зорової роботи, підрозряд – в). Приміщення має габарити: довжини А - 14 м, ширина В - 6м, висота Н – 3.5м та одностороннє бокове розташування вікон. [11].

Для захисту попадання прямого сонячного (світлового) потоку на монітори комп'ютерів передбачено застосування захисних жалюзів.

Коефіцієнт природної освітленості (КПО) визначається за формулою (7.1):

$$e = \frac{E_{вн}}{E_{зов}} \cdot 100 \quad (7.1)$$

де e – коефіцієнт природної освітленості;

$E_{вн}$ – освітлення в даній точці приміщення, що створюється світлом небосхилу, лк;

$E_{зов}$ – освітленість зовнішньої горизонтальної поверхні, що створюється світлом відкритого небосхилу, лк.

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» четвертому розряду зорової роботи відповідає КПО 1,5%.

Нормовані значення КПО визначається за формулою (7.2):

$$e_n = e_n^m \cdot m \cdot c \quad (7.2)$$

де e_n^m – нормоване значення КПО для 4 поясу світлового клімату [11, с.12];

$m = 0,8$ – коефіцієнт світлового клімату для Запоріжжя;

$c = 0,75$ – коефіцієнт сонячності клімату за [11, дод. В].

$$e_n = 1.5 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 0,9 \%$$

При боковому освітленні загальна площа вікон визначається по формулі (7.3):

$$S_B = \frac{e_n \cdot K_3 \cdot \eta_e}{100 \cdot \tau \cdot r_1} \cdot S_n \cdot K_{БУД} \quad (7.3)$$

де S_B – площа вікон;

$K_3 = 1,3 \dots 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$\eta_e = 8,5$ – світлова характеристика вікон, залежить від розміру приміщення [11, дод. Д];

S_n – площа підлоги приміщень;

$K_{БУД} = 1,2$ – коефіцієнт затінення вікон будівлями, що стоять навпроти за [9];

$r_1 = 2 \dots 3,3$ – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні за рахунок світла, відбитого від поверхонь приміщення;

τ – загальний коефіцієнт світлопропускання за формулою (7.4):

$$\tau = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \quad (7.4)$$

де $\tau_1 = 0,8$ – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (вибираємо подвійне листове скло) [11, дод. Е];

$\tau_2 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує втрату світла у віконній рамі [11, дод. Е];

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні – 1; при верхньому – 0,8...0,9);

$\tau_4 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях за [11, дод. Е].

$$\tau = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,504$$

$$S_B = \frac{0,9 \cdot 1,4 \cdot 8,5}{100 \cdot 0,504 \cdot 3} \cdot 84 \cdot 1,2 = 7,13 \text{ м}^2 \approx 8 \text{ м}^2$$

Вибираємо стандартні вікна 1,5 на 1,7м, тоді площа одного вікна становить 2,55 м², а їх розрахункова кількість 3,13 . Для покращення умов праці та організації більш комфортного простору приймаємо кількість вікон – 4, відстань між якими становить один метр, а відстань від стіни до вікна- 2,5м.

Таким чином, проаналізовано, що безпека праці на виробничому підприємстві може бути на належному рівні тільки тоді, коли всебічно виконуються вимоги трудового законодавства, державних стандартів України, норм і правил, розроблених для збереження здоров'я працюючих. Важливе місце при цьому належить виконанню організаційних вимог з охорони праці, а також трудовій та виробничій дисципліні працюючих.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему "Особливості проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» у автоматизованому виробництві" було детально досліджено і проаналізовано основні аспекти технологічного проектування, пов'язані з виготовленням корпусу в умовах автоматизованого виробництва.

Обрано раціональний метод отримання заготовки для даної деталі. Розраховано маршрут обробки поверхонь на основі якого розроблено маршрут виготовлення деталі корпус із залученням сучасного верстатного обладнання. Розроблено конструкції робочого та контрольного пристосувань з врахуванням вимог теорії базування.

У розділі автоматизація розглянуто особливості використання пневматичних калібрів для автоматизації та пришвидшення процесу вимірювання.

У спецзавданні розглянуто ефективність використання 3D сканерів у механічній інженерії.

Розраховано економічну ефективність впроваджених рішень та проаналізовано заходи по забезпеченню санітарії та гігієни праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
2. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
4. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
5. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
6. <https://www.sylvac.ch/new-products-articles/92-new-d70a>
7. <https://www.3d-scantech.com/ru/>
8. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с
9. 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
10. 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.
11. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження природної освітленості виробничих приміщень» з дисципліни «Безпека життєдіяльності фахівця з основами охорони праці» : для студентів усіх спеціальностей та форм навчання. / Укл. : О.В.Коробко, Ю.В.Якімцов, Ю.І.Троян: – Запоріжжя : Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 16 с.

ДОДАТОК Б

Специфікація на контрольне пристосування

		Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.								
						<u>Документація</u>		
	A1			НУЗП 404132.014	Збірне креслення			
					<u>Збірні одиниці</u>			
					<u>Деталі</u>			
			1		Диск	1		
			2		Упор	3		
			3		Установчий штифт	1		
Стор. №			4		Затискна гайка	1		
			5		Диск	1		
			6		Ручка	8		
			7		Спеціальна гайка	1		
			8		Конус установочний	1		
			9		Корпус	1		
			10		Втулка	1		
			11		Годинник індикаторний	1		
			12		Гайка спеціальна	1		
			13		Гвинт запорний	1		
Підп. і дата								
Взам. инв. №								
Инв. № подл.								
					НУЗП 404132.014			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристосування для контролю биття				
Разраб.	Матвійко С.В.							
Проб.	Тумарченко ЛО							
Т.контр.	Тумарченко ЛО							
Н.контр.	Дядя СІ							
Утв.	Дядя СІ			НУЗП гр. М-112м				

Копіював
Формат А4