

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)
Технології машинобудування
(повне найменування кафедр)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

(прізвище) Максименко
(група/клас/розрахунок)

на тему Технології машини зовнішнього
підняття при виготовленні металевих
деталей на автоматизованому обладданні

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-48.а

Спеціальності 131. Інженерна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування
Григорук В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Гончар Н.В.
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технології машинобудування
Ступінь вищої освіти (Магістрівський) другий
Спеціальність 131 Трикладова механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ММБ
С.П. Дяк
« 11 » 12 2019 року

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

Готрашків В'олодимир Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологічні методи забезпечення
точності при виготовленні механічної деталі на
металорізальному обладнанні.

керівник проекту (роботи) Козлова О.Б. к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 412

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.10.19

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі «Вал»
Програма Випуску № 100011

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологічна частина, конструкторська
частина, автоматизація розмірів деталі,
спецзавдання, оцінка очікуваної економічності
розробки, оцінка ризику.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі «Вал», креслення заготовки, 3D модель
деталі, 3D модель заготовки, маршрут виготовлення деталі,
розрахунок припусків, контроль припусків,
розрахунково-технологічна карта, автоматизація, з м.т.
існують завдання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
Технол. гат.	Козлова О.Б. к.т.н. доц.		
Конт. час.	Козлова О.Б. к.т.н. доц.		
Автом.	Козлова О.Б. к.т.н. доц.		
Розр. на кін.	Козлова О.Б. к.т.н. доц.		
Слід. зав.	Козлова О.Б. к.т.н. доц.		
Оцінка екон.	Козлова О.Б. к.т.н. доц.		
Особист. ар.	Шварко В.І. к.т.н. доц.		
Корект. конт.	Степанов Д.М. к.т.н. доц.		

7. Дата видачі завдання « 23 » 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частина	08.10.2019	
2.	Конструкторська частина	22.10.2019	
3.	Автоматизація	05.11.2019	
4.	Розрахунок деталей на міцність	19.11.2019	
5.	Індивідуальні завдання	25.11.2019	
6.	Оцінка економічної ефективності розробки або заходів	29.11.2019	
7.	Охорона праці	01.12.2019	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Технологічні методи забезпечення точності при виготовленні тонкостінної деталі на металорізальному обладнанні.

Студент (ка) Петрашкевич Віталій Володимирович

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 10,25

Кількість сторінок пояснювальної записки 123

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

1.Технологічна частина 2.Конструкторська частина 3.Автоматизація
4.Розрахунок на міцність за допомогою модуля NX 5.Спецзавдання –
Технологічні методи забезпечення точності при виготовленні тонкостінної
деталі на металорізальному обладнанні 6.Оцінка очікуваної економічної
ефективності заміни інструмента на слюсарній операції зачистки зубців
7.Охорона праці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Використання модулю NX для вибору елементів пристосування (на прикладі 3-х кулачковому патроні) дає можливість зменшити деформування тонкостінної деталі при закріпленні

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) Графічна частина та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів

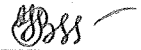
є) відгук про проект (роботу) загалом _____
В цілому магістерська робота студента групи М-118м Петрашкевича Віталія Володимировича відповідає вимогам вищої школи.

ж) інші зауваження – В даній дипломній роботі на вертикально-фрезерній операції використано занадто точний верстат, який є дорогим в експлуатації, тому раціонально було б на ньому виконати і інші операції ТП.

з) оцінка проекту (роботи) _____
В цілому дипломний проект студента групи М-118м Петрашкевича Віталія Володимировича заслуговує оцінку «відмінно»

Рецензію склав доц.к.т.н. Гончар Н.В.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

« 12 » 12 2019 р.

[13:04:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №402 [3] (200034 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:04:55] YahНайдено 1% совпадений по адресу:
<http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/1613/1/M05613.pdf>

[13:04:57] Bi Найдено 1% совпадений по адресу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-97-p?lang=en>

[13:04:59] YahНайдено 1% совпадений по адресу:
<http://www.library.zgia.zp.ua/ukr/index.php?text=Reklist&id=225>

[13:05:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №407 [3] (200058 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:05:00] Bi Найдено 1% совпадений по адресу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-97-p>

[13:05:05] Go Найдено 1% совпадений по адресу: <https://docplayer.ru/77724102-Avtomatizaciya-vybora-racionalnyh-rezhimov-tokarnoy-obrabotki-tonkostennyh-detaley.html>

[13:05:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №412 [3] (200046 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:05:28] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №417 [3] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:05:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №387 [3] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:06:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №422 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:06:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №427 [3] (200021 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:06:39] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №432 [3] (200012 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:07:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №437 [3] (200012 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:08:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №442 [3] (200017 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:10:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №447 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:10:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №452 [3] (200038 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:12:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №457 [3] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:13:56] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №462 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:14:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №467 [3] (200012 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

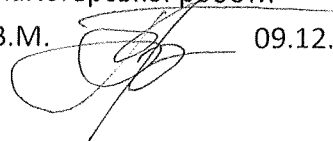
[13:15:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №472 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:15:11] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:15:11] Тип проверки: *Стандартная*

[13:15:11] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 23%)**

[13:15:11] **Уникальность текста 89%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**



РЕФЕРАТ

ПЗ:113 с., 52 рис., 8 табл., 13 дж., 2 дод.

Об'єкт дослідження – деталь «Вал».

Мета роботи – Забезпечити точність при виготовленні тонкостінної деталі на металорізальному верстаті.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення валу турбіни, обрано обладнання та інструмент, розраховані режими різання та норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, розроблені заходи автоматизації, розраховано деталь на міцність, виконано спеціальне завдання, проведено розрахунок економічної ефективності, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ШТУТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНИЙ ЧАС, СКОБА, ЧПК, БУФО, УЗКС, ШОРСТКІСТЬ, NX САМ, КІНЦЕВИЙ ЕЛЕМЕНТ.

ЗМІСТ

Реферат

Перелік умовних позначень

Вступ.....	7
1 Технологічна частина	7
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	7
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	8
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	9
1.4 Проектування технічного маршруту обробки деталі	12
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	12
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	18
1.6 Розрахунок режимів різання	26
1.7 Технічне нормування операції.....	40
1.8 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	48
1.8.1 Розробка токарної операції	48
1.8.2 Розробка свердлильної операції	51
1.8.3 Розробка фрезерної операції	53
2 Конструкторська частина	56
2.1 Проектування робочого пристосування	56
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	56
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	56
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір силового пристрою.....	58
2.1.4 Розрахунок необхідних сил затиску.....	59
2.1.5 Розрахунок сили на штоц пневмоциліндру	61
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	62
2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування	62
2.2.2 Вибір засобу вимірювання	63
2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань	67
3 Автоматизація шліфувальної операції	69
3.1 Постановка задачі	69

3.1 Методи вирішення	72
4 Розрахунок деталі на міцність	75
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі	75
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції	75
4.3 Оптимізація геометрії деталі	78
5 Використання безабразивної поверхневої обробки в технологічному процесі обробки валу	80
5.1 Огляд методів фінішної обробки поверхонь	81
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	88
7 Охорона праці	94
Висновок	116
Перелік посилань	117
ДОДАТОК А. Специфікація робочого пристосування	
ДОДАТОК Б. Специфікація контрольного пристосування	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ТП	– технологічний процес;
ГКМ	– горизонтально-кувальна машина;
КГШП	– кривошипний гарячештаповочний прес;
МОП	– маршрут обробки поверхонь;
РАМОП	– розрахунково-аналітичний метод обробки поверхонь;
ЗОР	– змащувально-охолоджуюча рідина;
ЧПК	– числове-програмне керування;
РЧ	– реле часу;
ЕОМ	– електронно-обчислювана машина;
БУФО	– безабразивна ультразвукова фінішна обробка;
УЗКС	– ультразвукова коливальна станція;
ППР	– планово-попереджувальний ремонт.

ВСТУП

Машинобудування є найважливішою галуззю важкої промисловості. Технологічний рівень і темпи розвитку, важкої промисловості залежить від якості, надійності, та швидкості постачання виробничих машин.

Технологія машинобудування - наука про виготовлення деталей машин, а також отримання готових машин за рахунок складання вузлів та агрегатів. Предметом вивчення в технології машинобудування є виготовлення виробів заданої якості з встановленою програмою випуску кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальної собівартості і високої продуктивності праці.

Технологічний процес, який представляє з себе процес обробки заготовки на верстатах з метою отримання готової продукція за найменш короткий проміжок часу і з найменшими витратами.

Застосування сучасних машин і механізмів, що працюють на великих швидкостях і зі значними навантаженнями, вимагає від конструкторів і технологів рішення проблеми підвищення експлуатаційного періоду та, відповідно, строку служби окремих елементів, що входять до складу машин і механізмів.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Об'єктом аналізу для дипломного проектування є деталь «Вал». Вал - деталь машини, призначена для передачі крутного моменту і сприйняття діючих сил з боку розташованих на ньому деталей і опор. За формою геометричної осі він є прямим. За своєю формою відноситься до категорії ступінчасті. Матеріалом деталі є сталь 13X11H2B2MФ-Ш ГОСТ 6532 – 72.

Даний вал є елементом турбіни, який, в свою чергу, входить до складу такого виробу, як авіаційний двоконтурний турбореактивний двигун «АИ-25», 3D модель деталі «Вал» зображено на рис. 1.1.

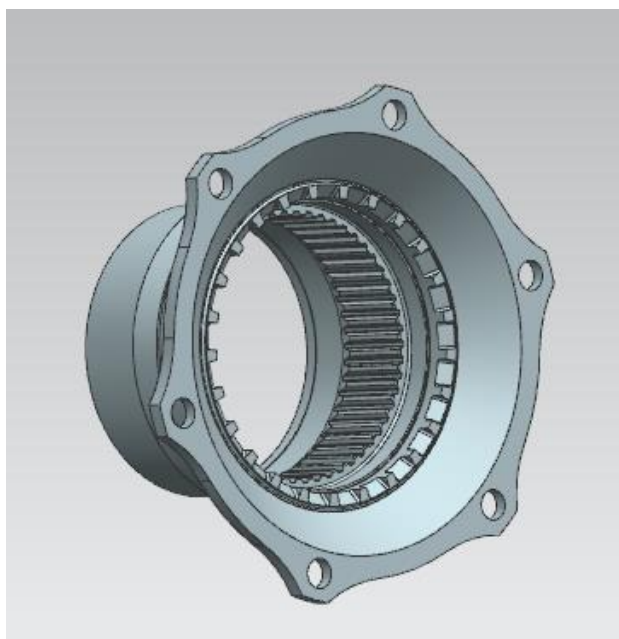


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Вал»

Деталь виготовляється із сталі 13X11H2B2MФ-Ш ГОСТ 6532 – 72. Основні її характеристики визначені в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Основні характеристики сталі 13X11H2B2MФ-Ш ГОСТ 6532 – 72

Характеристика	Значення характеристики
1	2
Клас сталі	Сталь жароміцна високолегована
Термообробка	Гартування 880°C, мастило, відпуск 540°C, вода
Температура кування °C	Початок 1240, кінець 800. Діаметри до 50 мм охолоджуються на повітрі, 51-100 мм - в ящиках
Твердість матеріалу	HB 10 ⁻¹ = 229 МПа

Продовження таблиці 1.1

1	2
Температура критичних точок	$A_{c1} = 760$, $A_{c3}(A_{cm}) = 830$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 705$, $A_{r1} = 670$, $Mn = 352$;
Зварюваність матеріалу	Обмежено зварювана;
Оброблюваність різанням	Горячекатаний стан при НВ 207-217 та $\sigma_B=710$ МПа, $K_{0\text{ тв. спл}} = 0,85$ и $K_{0\text{ б.ст}} = 0,75$;
Флокеночутливість	Чутлива;
Здатність до відпускної крихкості	Здатна;

Хімічний склад матеріалу сталь 30ХГСА представлений в табл. 1.2

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,1-0,16	До 0,6	До 0,6	1,5-1,8	До 0,03	До 0,03	0,35-0,5	1,6-2

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

В залежності від кількості виробничої програми, характеру продукції, а також технічних та економічних умов здійснення виробничого процесу, всі різноманітні виробництва умовно поділяються на три основні групи: одиничне, серійне і масове. Виробничий та технологічний процеси кожного із зазначених видів мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На даному етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масою деталі. Попередньо обираємо тип виробництва по табл. 1.3, маючи масу деталі та річну програму випуску.

Враховуючи масу деталі $m = 0,979$ кг та річну програму випуску $N = 2000$ штук, тип виробництва можна вважати серійним. Форми організації технологічних процесів згідно ГОСТ 14312-74 залежать від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного устаткування та кількості виробів.

Для обробки даної деталі вибираємо поточну форму організації ТП.

Таблиця 1.3 – Вибір типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, <u>шт</u>		
	Важкі, $m > 100$ кг	Середні, $m = 10..100$ кг	Легкі, $m < 10$ кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
Серійне	100...300	200...500	500...5000
Крупносерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
Масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Деталь виготовляється зі сталі 13X11H2B2МФ-Ш.

В даному випадку найбільш оптимальними способами отримання заготовки є отримання заготовки штампуванням на КГШП і на ГKM. Маса деталі $q = 0,98$ зображена на рис. 1.2.

Встановлюємо припуски для кожного методу отримання заготовки:

Припуски на сторону методом отримання КГШП: [1, стр. 12, табл. 1.3]

Припуски на сторону заготовки вироблену методом ГKM: [2, стр. 12, табл. 1.3]

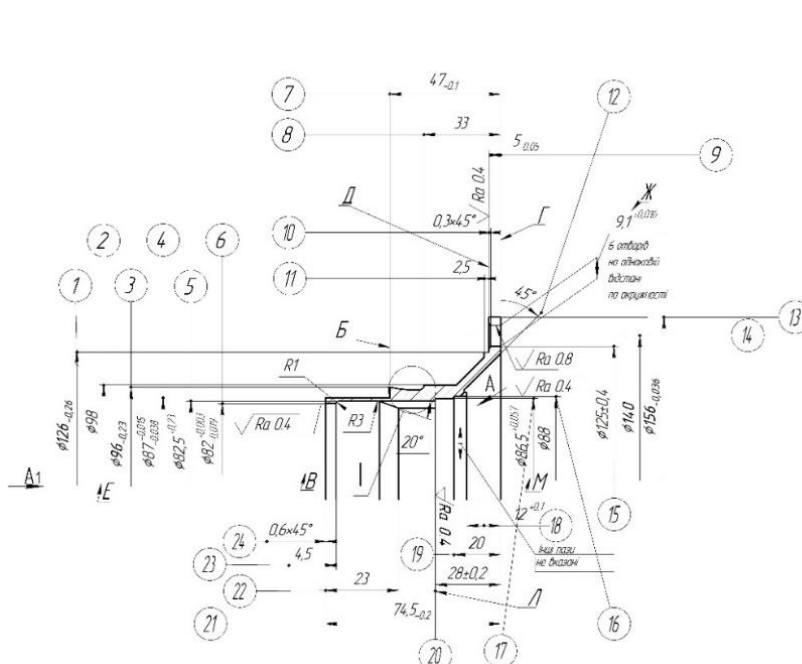


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі з розмірами для проектування заготовки.

Розраховуємо масу заготовок отриманими двома способами та 3D модель деталі зображено на рис. 1.3 – 1.5.

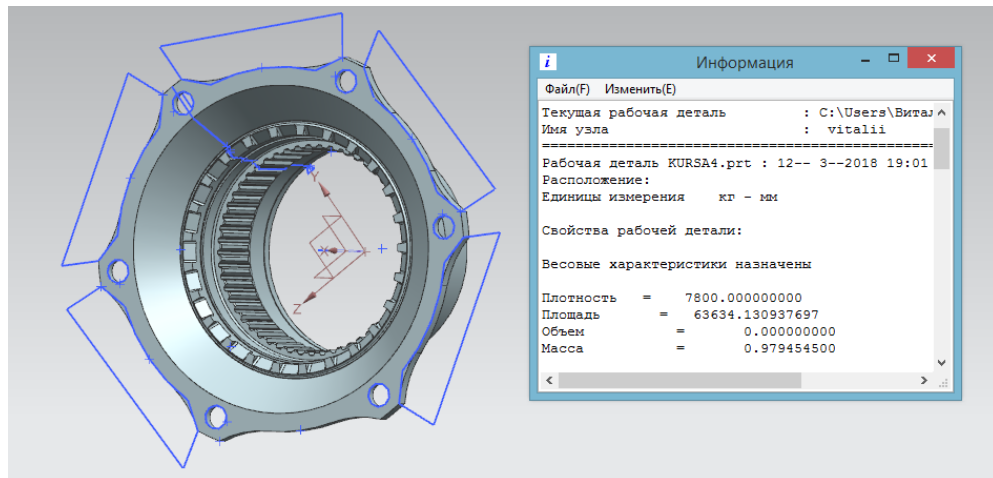


Рисунок 1.3 – 3D модель деталі з МЦК

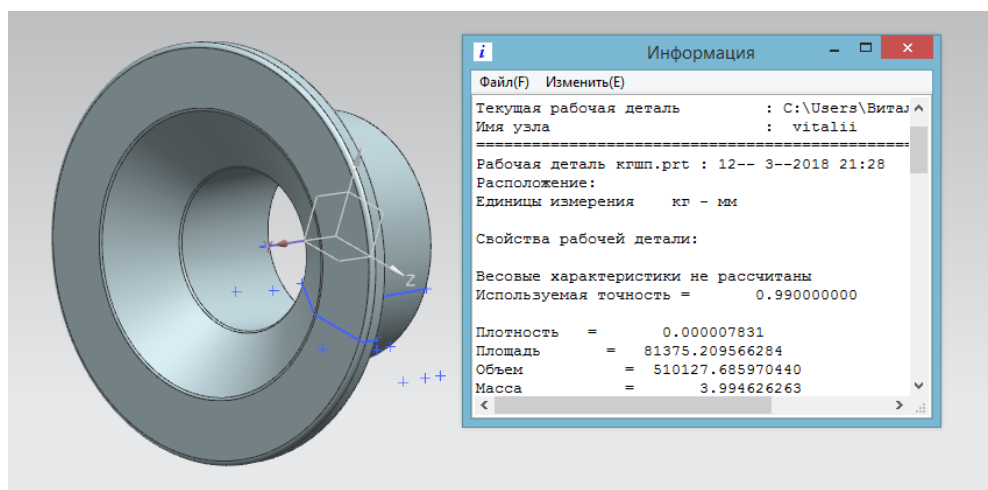


Рисунок 1.4 – 3D модель заготовки отриманої методом КГШП

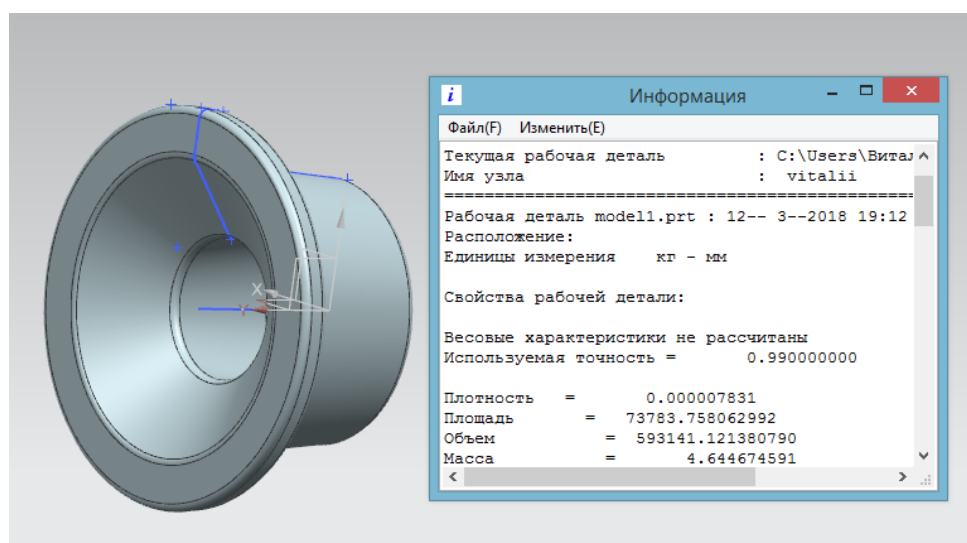


Рисунок 1.5 – 3D модель заготовки отриманої методом ГKM

Собівартість отримання однієї заготовки розраховуємо за формулою:

$$C = \frac{C_{\partial}}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_m \cdot K_{\text{м}} \cdot K_c \cdot K_{\text{в}} \cdot K_n - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot C_{\text{отх.}} \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{заг}}$ - маса заготовки;

C_{∂} - базова ціна 1 т заготовок, одержуваних методом; [1, стр. 14, табл. 1.4];

K_T - коефіцієнт, що враховує точність заготовки; [1, стр. 14, табл. 1.5];

K_M - коефіцієнт, що враховує матеріал; [1, стр. 14, табл. 1.5];

K_C - коефіцієнт, що враховує складність заготовки; [1, стр. 15, табл. 1.6];

K_B - коефіцієнт, що враховує масу заготовки; [1, стр. 15, табл. 1.7];

K_{Π} - коефіцієнт, що враховує програму випуску; [1, стр. 16, табл. 1.8];

q - маса готової деталі; [3, стр. 16, табл. 1.9];

C - вартість 1 т стружки. [2, стр. 16, табл. 1.9];

Собівартість отримання однієї заготовки методом отримання штампування на КГШП розраховуємо за формулою (1.1):

$$C1 = \frac{3150}{1000} \cdot 3,99 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1,11 \cdot 1 - \frac{(3,99 - 0,98)}{1000} \cdot 140 = 24,88 \text{ грн.}$$

Собівартість отримання однієї заготовки методом кування на ГKM за формулою (1.1):

$$C2 = \frac{3500}{1000} \cdot 4,65 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1,11 \cdot 1 - \frac{(4,65 - 0,98)}{1000} \cdot 140 = 25,47 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

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

Виконуємо розрахунки за формулою (1.2)

$$\eta_1 = \frac{0,98}{3,99} = 0,25.$$

$$\eta_2 = \frac{0,98}{4,65} = 0,21.$$

Всі результати заносимо в табл. 1.4

Оскільки $C_1 < C_2$ и $\eta_1 < \eta_2$, приймаємо раціональним виготовлення заготовки штампування на КГШП і розраховуємо річну економію по вартості виготовлення заготовок за формулою:

$$\mathcal{E}_c = (C_1 - C_2) \cdot N. \quad (1.3)$$

де N – річна програма випуску.

$$\mathcal{E}_c = (C_1 - C_2) \cdot N = (51,35 - 62,52) \cdot 2000 = 1180 \text{ грн.}$$

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку собівартості заготовки

Показники	Познач.	Од. вим.	Варіанти	
			Штамповка на КГШП	Паковка на ГKM
Маса деталі	$m_{дет}$	кг	0,98	0,98
Маса заготовки	$m_{заг}$	кг	3,99	4,65
Коеф. викор. матеріалу	η		0,25	0,21
Базовая ціна 1 т заготовок	C_i	грн	3150	3500
Коефіцієнти	K_T		0,9	0,9
	K_M		1,8	1,8
	K_C		1,12	1,12
	K_B		1,11	1,14
	K_{II}		1	1
Ціна за 1 т стружки	$C_{отх}$	грн	140	140
Вартість однієї заготовки	$C_{заг}$	грн	24,88	25,47

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Аналіз виробу на технологічність являє собою одну з найбільш важких функцій технологічної підготовки виробництва. Вона зумовлена тісним зв'язком між конструкцією виробу та технологією його виробництва.

Кожен виріб повинен виготовлятися з мінімальними витратами. Їх можливо значно скоротити правильним вибором технологічного процесу, його оснащення, механізації та автоматизації, застосування оптимальних режимів обробки та правильної підготовки виробництва.

Основним критерієм оцінювання є якісна оцінка технологічності та конструкції деталі:

1. Конструкція деталі складається із стандартних та уніфікованих конструктивних елементів.

2. Більшість поверхонь, що оброблюються, мають оптимальну ступінь точності та шорсткості.

3. Контур деталі має просту конфігурацію, що надає вільний доступ ріжучого інструменту.

4. Конструкція деталі дозволяє отримати заготовку з розмірами і конфігурацією, близькими до готової деталі.

На підставі цього можна зробити висновок, що деталь є технологічною.

5. Коефіцієнт використання матеріалу розраховуємо за формулою 1.3. Так як $\eta = 0,57 < 0,8$, то деталь за цим показником не технологічна. Розраховуємо коефіцієнт точності обробки за формулою:

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{A_{CP}} > 0,8. \quad (1.4)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності деталі.

Розраховуємо середній квалітет точності деталі за формулою:

$$A_{CP} = \frac{\kappa_1 n_1 + \kappa_2 n_2 + \dots + \kappa_n n_n}{n_{\text{общ}}}. \quad (1.5)$$

де n – кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;
 κ – квалітет точності.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.5):

$$A_{CP} = \frac{13 \cdot 2 + 12 \cdot 8 + 11 \cdot 10 + 7 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 6 \cdot 2}{29} = 10,72.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.4):

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{10,72} = 0,9 > 0,8.$$

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32, \quad (1.6)$$

де B_{CP} – середній клас шорсткості.

Розраховуємо середній клас шорсткості за формулою:

$$B_{CP} = \frac{\kappa_1 n_1 + \kappa_2 n_2 + \dots + \kappa_n n_n}{n_{обц}}. \quad (1.7)$$

де κ – клас шорсткості;

n – кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.7):

$$B_{CP} = \frac{8 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 6 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 13}{29} = 5,2$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.6):

$$K_{ш} = \frac{1}{5,2} = 0,19 < 0,32.$$

Виходячи з розрахунків можна дійти висновку, що за більшістю якісних і кількісних критеріїв оцінки технологічності, деталь є технологічною, винятком є коефіцієнт використання матеріалу.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Розробляємо МОП для поверхні – внутрішня циліндрична $\varnothing 86,5H7(^{+0,57})$

Заготовка $\varnothing 77IT14(^{+4,0}_{-2,0}) R_a = 100$ мкм.

Деталь $\varnothing 86,5H7(^{+0,57}) R_a = 0,8$ мкм

Розраховуємо уточнення за показниками з допомогою формулами :

$$\varepsilon_{Td} = \frac{Td_3}{Td_{\partial}}. \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_{\partial}}. \quad (1.9)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.8):

$$\varepsilon_{Td} = \frac{Td_3}{Td_{\partial}} = \frac{6.0}{0.57} = 10.53.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.9):

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_{\partial}} = \frac{100}{0.8} = 125.$$

Переважаючим показником – є показник точності геометричного розміру.

Розраховуємо кількість переходів.

$$K_p = 2 \lg \varepsilon_{Td}. \quad (1.10)$$

$$K_p = 2 \lg 10.53 = 2.045.$$

Приймаємо $K_p = 3$

Визначаємо різницю між показниками якості та розподіляємо їх за законом прогресивного зменшення за формулою:

$$\Delta kv = IT_{заг} - IT_{дет} \quad (1.11)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.7):

$$\Delta kv = IT_{заг} - IT_{дет} = IT14 - H7 = 7 \text{квалитетов} = 2 + 2 + 3.$$

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК.

- по точності геометричного розміра:

$$IT14 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H7$$

- по шорсткості поверхні:

$$Ra100 \rightarrow Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra0.8$$

Складаємо МОП табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Маршрут обробки поверхні

№	Операція	Характеристика поверхні	
		Квалітет точності	Шорсткість, Ra
1	Заготовка КГШП	IT14	100
2	Точіння чорнове	H12	25
3	Точіння чистове	H10	6,3
4	Шліфування попереднє	H7	0,8

Розробляємо МОП для поверхні : $\varnothing 156h6(-0.036)$

Поверхня – зовнішньо циліндрична

Заготовка $\varnothing 175T14(+4,0 \atop -2,5)R_a = 100$ мкм

Деталь $\varnothing 156h6(-0.036)R_a = 0.4$ мкм

Розраховуємо уточнення за показниками використовуючи формули (1.8,1.9)

$$\varepsilon_{Td} = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{6,5}{0,036} = 180,5.$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{100}{0,4} = 250.$$

Переважаючим показником – є показник точності геометричного розміру.

Розраховуємо кількість переходів.

$$K_p = 2 \lg 180,5 = 4,51.$$

Приймаємо $K_p = 5$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.10):

$$\Delta kv = IT_{заг} - IT_{дет} = IT14 - h6 = 8_{квалитетов} = 2 + 2 + 1 + 3$$

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК.

- по шорсткості поверхні:

$$Ra100 \rightarrow Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra0,4$$

- по точності геометричного розміру:

$$IT14 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h9 \rightarrow h6$$

Складаємо МОП табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Маршрут обробки поверхні

№	Операція	Характеристика поверхні	
		Квалітет точності	Шорсткість, Ra
1	Заготовка відлита в кокіль	IT14	100
2	Точіння чорнове	h12	25
3	Точіння чистове	h10	6,3
4	Шліфування чорнове	h9	3,2
5	Шліфування чистове	h6	0,4

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі – етапний маршрут виготовлення деталі:

1 етап – отримання заготовки (штампування);

2 етап – механічна обробка;

– токарная обробка;

– фрезерна обробка;

– шліфувальна обробка.

– полірувальна обробка.

3 етап – контроль

Детальний маршрут виготовлення деталі показано в графічній частині проекту.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Призначаємо припуски та розраховуємо технологічні розміри для поверхні: $\varnothing 86,5^{+0.57} R_a = 0,8$ мкм

Припуски призначаємо розрахунково-аналітичним методом.

$$R_z = 160 \text{ мкм}; h = 200 \text{ мкм}.$$

де R_z – шорсткість поверхні, мкм;

h – глибина поверхневого шару, мкм.

Розраховуємо відхилення при обробці за формулою

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{cm}^2}. \quad (1.12)$$

де ρ_{k0} – кривизна поковок типу вал на 1 мм, мкм; [2, т. 16, с. 186];

ρ_{cm0} – відхилення від співвісності на 1 мм, мм [2, т. 18, с. 187].

Визначаємо кривизну поковки на довжину L за формулою:

$$\rho_k = \rho_{k0} \cdot L. \quad (1.13)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.13) :

$$\rho_k = 4 \cdot 40 = 160 \text{ мкм/мм}.$$

Визначаємо відхилення від співвісності на довжину L за формулою (мм):

$$\rho_{cm} = \rho_{cm0} \cdot L. \quad (1.14)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.13):

$$\rho_{cm} = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.14):

$$\rho = \sqrt{120^2 + 20^2} = 122.$$

Розраховуємо показники за переходами за формулою (мкм)

$$\rho_i = \rho_{i-1} \cdot k. \quad (1.15)$$

де k – коефіцієнт уточнення [2, т. 29, с. 190]

Виконуємо розрахунки за формулою (1.11):

$$\rho_3 = 122 \cdot 0,06 = 7,32 \approx 7.$$

$$\rho_4 = 7 \cdot 0,05 = 0,35 \approx 0,35.$$

$$\rho_5 = 0,35 \cdot 0,04 = 0,014 \approx 0,01.$$

$$\rho_6 = 0,01 \cdot 0,03 = 0,0003 \approx 0.$$

Розраховуємо мінімальний припуск за формулою (мкм):

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (R_z + h_i + \sqrt{\rho_i^2 + \varepsilon_{i-1}^2}). \quad (1.16)$$

де R_z – шорсткість поверхні в залежності від виду обробки, мкм;

h_i – висота дефектного шару в залежності від виду обробки, мм;

ε – похибка закріплення [2, т. 13, с. 42]

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів при механічній обробці:

- для чорнового точіння:

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (200 + 200 + \sqrt{122^2 + 300^2}) = 3320 \text{ мкм}.$$

- для чистового точіння:

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{74^2 + 80^2}) = 420 \text{ мкм}.$$

- для попереднього шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{3^2 + 80^2}) = 240 \text{ мкм.}$$

Допуски на розміри для технологічних переходів призначаємо відповідно до попередньо розроблених МОП, починаючи з останнього:

$$Td_4 = Td_{\text{дет}} = 0,035 \text{ мм} - \text{по кресленню деталі} - \text{Н7};$$

$$Td_3 = 0,054 \text{ мм} - \text{відповідно МОП} - \text{Н10};$$

$$Td_2 = 0,14 \text{ мм} - \text{відповідно МОП} - \text{Н12}.$$

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [1, табл. 3, с.120] з врахуванням класу точності штамповки.

$$Td_1 = Td_{\text{заг}} = 6.0 \text{ мм.}$$

Визначаємо номінальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_{\min 4} = d_{\text{ном}4} - eid_4 = 86,5 - (0) = 86,5 \text{ мм.}$$

Останні розрахункові розміри розрахуємо за формулою :

$$d_{\min i} = d_{\min i+1} - 2 \cdot Z_{\min i+1}. \quad (1.17)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.17);

$$d_{\min 3} = d_{\min 4} - 2 \cdot Z_{\min 4} = 86,5 - 0,24 = 86,26 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 2} = d_{\min 3} - 2 \cdot Z_{\min 3} = 86,26 - 0,42 = 85,84 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 1} = d_{\min 2} - 2 \cdot Z_{\min 2} = 85,84 - 3,32 = 82,52 \text{ мм.}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою:

$$d_{\max i} = d_{\min i} - Td_i. \quad (1.18)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.18):

$$d_{\max 4} = d_{\min 4} - Td_4 = 86,5 - 0,035 = 86,47 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 3} = d_{\min 3} - Td_3 = 86,26 - 0,054 = 86,21 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 2} = d_{\min 2} - Td_2 = 85,84 - 0,14 = 85,7 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 1} = d_{\min 1} - Td_1 = 82,52 - 6,0 = 76,52 \text{ мм.}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \max} . \quad (1.19)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.19):

$$2Z_{2 \max} = d_{1 \max} - d_{2 \max} = 76,52 - 85,7 = 9,18 \text{ мм.}$$

$$2Z_{3 \max} = d_{2 \max} - d_{3 \max} = 85,7 - 86,21 = 0,5 \text{ мм.}$$

$$2Z_{4 \max} = d_{3 \max} - d_{4 \max} = 86,21 - 86,47 = 0,26 \text{ мм.}$$

Визначаємо технологічні виконавчі розміри для переходів механічної обробки. Перший перехід – заготовка. Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{\text{загном}} = d_{\text{загmin}} + eid_{\text{заг}} . \quad (1.20)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.20):

$$d_{\text{загном}} = d_{\text{загmin}} + eid_{\text{заг}} = 82,52 - 2 = 80,5 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 80^{+4,0}_{-2,0}$.

Призначаємо припуски та розраховуємо технологічні розміри для поверхні $\varnothing 156f7(-0,26)$ зовнішня циліндрична. Розрахунок виконуємо табличним методом.

Вихідні дані:

$$ППТК_{Td} = IT16 \rightarrow (T.O.) \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow f7$$

$$ППТК_{Ra} = Ra50 \rightarrow (T.O.) \rightarrow Ra12.5 \rightarrow Ra3.2 \rightarrow Ra1.6$$

$$Td_{1заг} = (0,12); Td_{3заг} = (0,16); Td_{4заг} = (0,039); Td_{5дет} = (0,26)$$

Призначаємо мінімальні припуски на механічну обробку за [1 т. 3.2 с.52]:

для чорнового точіння $2Z_{3\min} = 2 \cdot 1,7 = 3,4$ мм.

для чистового точіння $2Z_{4\min} = 2 \cdot 0,25 = 0,5$ мм.

для чорнового шліфування $2Z_{5\min} = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ мм.

Виконуємо розрахунки за формулами (1.21) (1.22):

$$2Z_3^H = 2Z_{3\min} + ei. \quad (1.21)$$

$$2Z_i^H = 2Z_i + Td_{i-1}. \quad (1.22)$$

$$2Z_3^H = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ мм.}$$

$$2Z_4^H = 0,5 + 0,16 = 0,76 \text{ мм.}$$

$$2Z_5^H = 0,2 + 0,039 + 0,025 = 0,264 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.23):

$$d_i'' = d_{i+1}'' + 2Z_{i+1}^H. \quad (1.23)$$

$$d_5'' = 32 \text{ мм.}$$

$$d_4'' = 156 + 0,264 = 156,264 \text{ мм.}$$

$$d_3'' = 32,264 + 0,76 = 33,024 \text{ мм.}$$

$$d_1'' = 33,024 + 2,5 = 35,524 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.24)

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i. \quad (1.24)$$

$$2Z_3^{Max} = 3,4 + 1,2 + 0,16 = 4,76 \text{ мм.}$$

$$2Z_4^{Max} = 0,5 + 0,16 + 0,039 = 0,699 \text{ мм.}$$

$$2Z_5^{Max} = 0,2 + 0,039 + 0,025 = 0,264 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.25):

$$2Z_0^H = 2Z_3^H + 2Z_4^H + 2Z_5^H + 2Z_6^H. \quad (1.25)$$

$$2Z_0^H = 2,5 + 0,76 + 0,0264 = 3,524 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірочний розрахунок за формулами (1.26) (1.27):

$$2Z_{3\max} - 2Z_{3\min} = Td_{заг} + Td_3. \quad (1.26)$$

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = Td_{i-1} + Td_i. \quad (1.27)$$

$$3,524 = 159,524 - 156.$$

$$4,76 - 3,4 = 1,2 + 0,16.$$

$$0,699 - 0,5 = 0,16 + 0,039.$$

$$0,264 - 0,2 = 0,039 + 0,025.$$

Отже, контрольне правило виконано. У зв'язку з цим призначаємо такі розміри:

заготовка	$\varnothing 35,5^{+0,7}_{-0,5} \text{ мм};$
точіння чорнове	$\varnothing 157,024_{-0,16} \text{ мм};$
точіння чистове	$\varnothing 156,264_{-0,039} \text{ мм};$
шліфування чорнове	$\varnothing 156f7 \left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{smallmatrix} \right) \text{ мм.}$

Таблиця 1.7 – Підсумки розрахунків маршруту обробки поверхонь

Показники точності та якості заготовки і деталі	Показники	Уточнення	Пер.		Різниця показників точності та якості	МОП		Допуски		Уточнення	
			Розр.	Прийн.		i	Метод	Td	R _a	Td	R _a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.Внутрішня циліндрична Заготовка: φ77IT16 Ra50 Деталь: φ86.5H7 Ra0,8	Td Ra ↗	10.5 3 125 -	-	4	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет}$ $= IT14 - H12$ $= 2 + 2 + 3$ $ППТК_{Td} = IT16 \rightarrow$ $(T.O.) \rightarrow h14 \rightarrow$ $h13 \rightarrow h12$ $ППТК_{Ra} = Ra50$ $(T.O.) \rightarrow Ra12.5$ $\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$	1	Штампув	1,2	50	-	-
						2	ання	-	-	-	-
						3	Т.О.	0,21	12,5	5,71	4
						4	Чернове точіння	0,052	6,3	4,03	2,05
						5	Напівчис тове Точіння	0,021	3,2	2,47	1,96
						6	Чистове точіння Шліфува ння однократ не	0,013	0,8	1,61	1,73
2.Зовнішня циліндрична Заготовка: φ175IT16 Ra50 Деталь: φ156h7 Ra0.4	Td Ra ↗	48 31, 2 -	-	3	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет}$ $= IT16 - f7$ $= 9 = 5 + 3 + 1$ $ППТК_{Td} = IT16$ $(T.O.) \rightarrow h11$ $\rightarrow h8 \rightarrow f7$ $ППТК_{Ra} = Ra50$ $(T.O.) \rightarrow Ra12,5$ $Ra3,2 \rightarrow Ra1,6$	1	Штампув	1,2	50	-	-
						2	ання	-	-	-	-
						3	Т.О.	0,16	12,5	7,5	4
						4	Чернове точіння	0,039	3,2	4,1	3,9
						5	Чистове точіння Шліфуван ня однократ не	0,025	1,6	1,56	2

Продовження табл. 1.7.

3. Зовнішня циліндрична Заготовка: $\phi 34IT16$ Ra50 Деталь: $\phi 30e8$ Ra0,8	Td Ra ↗	36, 312 5 -	-	4	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет} = IT16 - js10 = 6 = 2 + 2 + 1 + 1$ $PPITK Td = IT16 \rightarrow (T.O.) \rightarrow h13 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow e8$ $PPITK Ra = Ra50 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra0,8$ + полирование до Ra0.4	1 Штампування	1,2	50	-	-
						2	-	-	-	-
						3 Т.О. Чернове	0,33	12,5	3,63	4
						4 точіння	0,13	6,3	2,53	2,05
						5 Напівчистове	0,062	3,2	2,09	1,96
						6 Чистове точіння Шліфування однократне + БУФО	0,013	0,8	1,69	1,73
4. Зовнішня циліндрична Заготовка: $\phi 23IT16$ Ra50 Деталь: $\phi 17 \pm 0,035$ Ra 0,8	Td Ra ↗	17, 1 15, 6 -	-	4	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет} = IT16 - js10 = 6 = 2 + 2 + 1 + 1$ $PPITK Td = IT16 \rightarrow (T.O.) \rightarrow h14 \rightarrow h12 \rightarrow h11 \rightarrow js10$ $PPITK Ra = Ra50 (T.O.) \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra0,8$	1 Штампування	1,2	50	-	-
						2	-	-	-	-
						3 Т.О. Чернове	0,43	12,5	2,79	4
						4 точіння	0,18	6,3	2,38	2,05
						5 Напівчистове	0,11	3,2	1,63	1,96
						6 Чистове точіння Шліфування однократне	0,07	0,8	1,57	1,73
5. Зовнішня торцюва Заготовка: 113IT14 Ra50 Деталь: 107js12 Ra 3,2	Td Ra ↗	3,4 2 15, 6 -	-	3	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет} = IT16 - js12 = 4 = 2 + 1 + 1$ $PPITK Td = IT16 \rightarrow (T.O.) \rightarrow h14 \rightarrow h13 \rightarrow js12$ $PPITK Ra = Ra50 (T.O.) \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$	1 Штампування	1,2	50	-	-
						2	-	-	-	-
						3 Т.О. Чернове	0,87	12,5	1,61	4
						4 точіння	0,54	6,3	1,54	2,05
						5 Напівчистове	0,35	3,2	1,37	1,96

Продовження табл. 1.7.

6. Зовнішня циліндрична Заготовка: $\phi 31$ IT16 Ra50 Деталь: $\phi 25^{+0,056}_{+0,035}$ Ra 0,8	Td Ra ↗	17, 1 15, 6 -	-	4	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет}$ $= IT16 - s7 =$ $9 = 3 + 3 + 2 + 1$ $ПІІТК_{Td} = IT16$ $\rightarrow (T.O.) \rightarrow$ $h13 \rightarrow h10 \rightarrow$ $h8 \rightarrow s7$ $ПІІТК_{Ra} = Ra50$ $(T.O.) \rightarrow Ra12,5$ $\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$ $\rightarrow Ra0,8$	1	Штампув	1,2	50	-	-
						2	ання	-	-	-	-
						3	Т.О.	0,33	12,5	3,92	4
						4	Чернове точіння	0,08 4	6,3	3,63	2,05
						5	Напівчис тове	3,2	2,54	1,96	
						6	точінне Чистове точіння Шліфува ння однократ не	0,03 3 0,02 1	0,8	1,57	1,73
7. Зовнішня циліндрична Заготовка: 12 IT16 Ra50 Деталь: $6_{-0,12}$ Ra 3,2	Td Ra ↗	10 15, 6 -	-	3	$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет}$ $= IT16 - h12$ $= 4 = 2 + 1 + 1$ $ПІІТК_{Td} = IT16$ $(T.O.) \rightarrow h14 \rightarrow$ $h13 \rightarrow h12$ $ПІІТК_{Ra} = Ra50$ $(T.O.) \rightarrow Ra12,5$ $\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$	1	Штампув	1,2	50	-	-
						2	ання	-	-	-	-
						3	Т.О.	0,3	12,5	4	4
						4	Чернове точіння	0,18	6,3	1,66	2,05
						5	Напівчис тове точінне Чистове точіння	0,12	3,2	1,5	1,96

1.6 Розрахунок режимів різання

Проведемо розрахунок режимів різання для токарної операції. Вихідні дані зображені на ескізі операції рис. 1.6

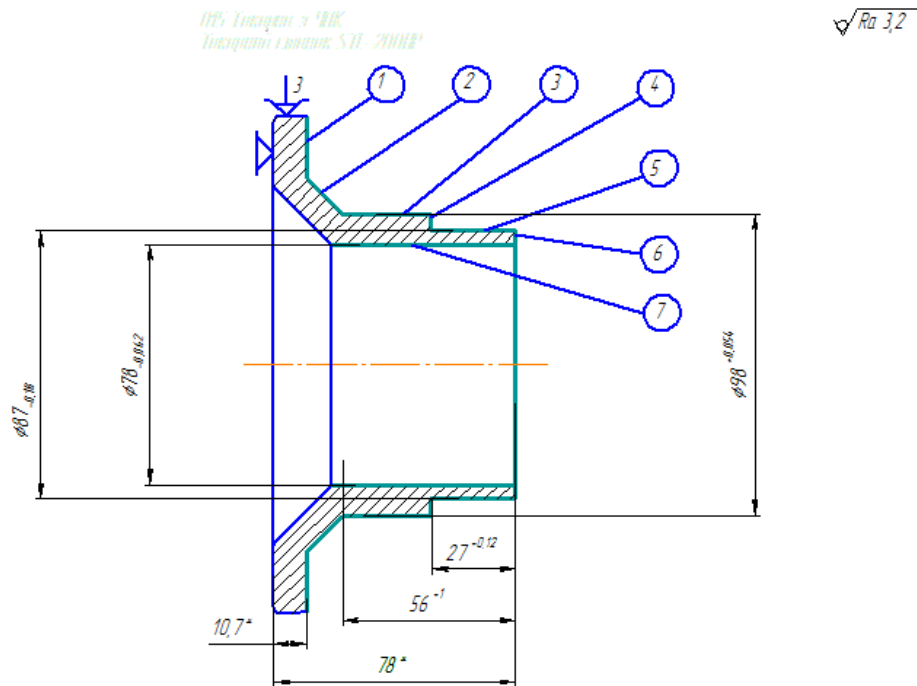


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз токарної операції

Глибину різання знаходимо за формулою:

$$t = \frac{d_z - d_d}{2} \text{ мм.} \quad (1.28)$$

де d_z – діаметр заготовки;

d_d – діаметр деталі.

Виконуємо розрахунок за формулою (1.28).

$$t = \frac{105 - 96}{2} = 4,5 \text{ мм.}$$

Подачу розраховуємо за формулою:

$$S_O = S_{таб} \cdot KS_n \cdot KS_\phi \cdot KS_u \cdot KS_z \cdot KS_{ж} \cdot KS_b. \quad (1.29)$$

де $KS_n = 0,8$ – коефіцієнт стану поверхні і враховуючи, що операція є чорною, то вибираємо варіант з дефектним шаром [2, табл. 30, с. 239];

$KS_u = 1,0$ – обробка виконується різцем із твердого матеріалу [2, табл. 30, с. 239];

$KS_z = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує вплив загартування (для HRC = 44...46);

$KS_\phi = 0,85$ – для обробки зовнішніх поверхонь [2, табл. 30, с. 239];

$KS_{ж} = 1$ – коефіцієнт, що враховує розмір обробленої поверхні;

$KS_M = 1,07$ – для групи обробленого матеріалу [2, табл. 30, с. 239];

$$S_{\text{табл.}} = 0,80 \text{ мм/об} [2, \text{табл. 26, с. 237}].$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.29).

$$S_o = 0,30 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,07 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

За паспортом станка обираємо фактичну подачу: $S_\phi = 0,12 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання:

$$V_o = V_{\text{табл.}} \cdot KV_n \cdot KV_\phi \cdot KV_u \cdot KV_z \cdot KV_{\text{жс}} \cdot KV_b. \quad (1.30)$$

где $V_{\text{табл.}} = 108 \text{ м/хв}$ – для групи обробленого матеріалу і $S_\phi = 0,12 \text{ мм/об}$ [2, табл. 38, с. 245]

Поправочні коефіцієнти вибираємо за [2, табл. 43, с. 247]

$KV_n = 1,5$ – 13X11H2B2MФ-Ш (ЭИ-961-Ш);

$KV_u = 1,0$ – при обробці різцем з твердого сплаву ВК8;

$KV_\phi = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий головний кут різця $\phi = 15$;

$KV_z = 1,14$ – коефіцієнт, враховуючий вид обробки;

$KV_n = 0,35$ – для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь;

$KV_M = 0,8$ – для чорнової обробки поверхні без кірки;

$KV_o = 1,0$ – для обробки з СОТС.

Виконуємо розрахунок за формулою (1.30).

$$V_o = 108 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,35 \cdot 0,8 \cdot 1 = 51,7 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\Pi \cdot d}, \text{ об/хв.} \quad (1.31)$$

Виконуємо розрахунок за формулою (1.30).

$$n = \frac{1000 \cdot 51,7}{3,14 \cdot 96} = 171,51 \text{ м/хв.}$$

За паспортом станка приймаємо частоту обертання $n = 170 \text{ об/хв}$

Фактична швидкість різання за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (1.32)$$

Виконуємо розрахунок за формулою (1.32):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 96 \cdot 171,5}{1000} = 51,69 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою (1.33):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (1.33)$$

де $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,5$ [4, т. 22 с. 273].

Визначаємо поправочний коефіцієнт за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}. \quad (1.34)$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу;

$K_{\phi p}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані ϕ [4, т. 27 с. 275];

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, який враховує передній кут [4, т. 27 с. 275];

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, який враховує кут нахилу головного леза λ [4, т. 27 с. 275];

K_{rp} – коефіцієнт, який враховує радіус інструмента [4, т. 27 с. 275].

Коефіцієнт K_{mp} для сталі визначаємо за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^n. \quad (1.35)$$

де $\sigma_{\epsilon} = 710$ Мпа для сталі 13X11H2B2MФ-Ш;

n_v – показник, що враховує вплив якості матеріалу [4, т. 4 с. 264].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.35):

$$K_{mp} = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,3} = 0,98.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$K_p = 0,98 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,984.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.33):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 31,65^{-0,5} \cdot 0,984 = 212,7 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання за формулою, (кВт):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (1.36)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.36):

$$N = \frac{212,7 \cdot 59,61}{1020 \cdot 60} = 0,21 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність на шпинделі за формулою (1.37):

$$N_{um} = N_{cm} \cdot \eta. \quad (1.37)$$

де N_{cm} – потужність верстата, кВт;
 η – ККД верстата.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.37):

$$N_{um} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ кВт.}$$

$N_p \leq N_{um}$, отже обрані режими різання задовольняють умові виникнення різання.

Визначаємо основний час за формулою (1.38):

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{n_i \cdot S_i} \cdot i, \text{хв}, \quad (1.38)$$

де $L_{p.x}$ – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів, шт.

Визначаємо довжину робочого ходу за формулою, (1.39):

$$L_{p.x} = L_o + L_{ep}, \text{ мм}, \quad (1.39)$$

де L_{ep} – довжина врізання, мм.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.39):

$$L_{p.x} = 95 + 2 = 97 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.35):

$$t_0 = \frac{95,5 + 3}{315 \cdot 0,3} \cdot 1 = 1,05 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для свердлильної операції.

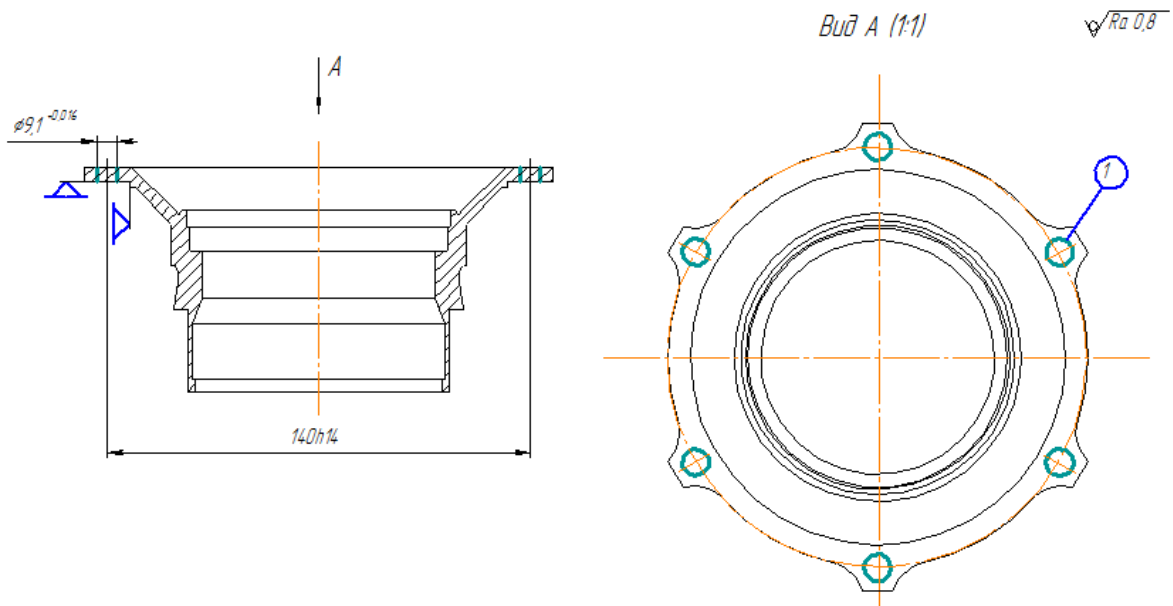


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз свердлильної операції

Глибина різання за формулою:

$$t = \frac{d_{св}}{2}, \text{ мм.} \quad (1.41)$$

де $d_{св}$ – діаметр свердла;

$$t = \frac{9,1}{2} = 4,55, \text{ мм.}$$

Подача за формулою:

$$S_O = S_{таб} \cdot KS_n \cdot KS_\phi \cdot KS_u \cdot KS_z \cdot KS_{жс} \cdot KS_b. \quad (1.42)$$

де $KS_d = 1$ –наскрізний отвір [2, табл. 65, с. 267];

$KS_1 = 1,0$ глибина свердління, [2, табл. 65, с. 267];

$KS_u = 0,6$ – матеріал інструмента, [2, табл. 65, с. 267];

$KS_{жс} = 0,75$ – коефіцієнт жорсткості технологічної системи;

$KS_M = 0,75$ – для 8 групи оброблюваного матеріалу, [2, табл. 65, с. 267];

$S_{таб.} = 0,12$ мм/об, [2, табл. 64, с. 267].

$$S_O = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,041 \text{ мм/об.}$$

За паспортом станка обираємо фактичну подачу: $S_\phi = 0,04$ мм/об.

Швидкість різання за формулою:

$$V_O = V_{таб} \cdot KV_n \cdot KV_\phi \cdot KV_u \cdot KV_z \cdot KV_{жс} \cdot KV_b. \quad (1.30)$$

де $V_{таб.} = 25,3$ м/мин. – для 8 групи оброблюваного матеріала та

$S_\phi = 0,04$ мм/об [2, табл. 68, с.271]

Поправочні коефіцієнти обираємо за: [2, табл. 69, с. 272];

$KV_d = 0,9$ – глухий отвір;

$KV_u = 1,0$ – при обробці свердлом з твердого сплаву Р6М5;

$KV_l = 1,0$ – коефіцієнт глибини свердління;

$KV_T = 1,18$ –коефіцієнт відношення фактичної стійкості до нормативної;

$KV_M = 0,8$ – для 8 групи матеріалу;

$KV_o = 1,0$ – для обробки з СОТС.

$$V_O = 25,3 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 0,8 \cdot 1 = 21,49 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 21,49}{3,14 \cdot 9,1} = 1244,35 \text{ об/хв.}$$

За паспортом станка обираємо частоту обертання $n = 1200$ об/хв

Фактична швидкість різання за формулою (1.32):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 9,1 \cdot 1200}{1000} = 20,72 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою, (Н·м):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{mp}. \quad (1.43)$$

де $C_M = 0.0345$; $q = 2$; $y = 0.8$ [4 табл. 32 с. 281]

Виконуємо розрахунки за формулою (1.40):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,98 = 11,1 \text{ Нм.}$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання за формулою, (кВт):

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750}. \quad (1.44)$$

де $M_{кр}$ – значення крутного моменту, яке витрачається на процес різання.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.44):

$$N_p = \frac{11,1 \cdot 630}{9750} = 0,71 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність на шпинделі за формулою (1.37)

$N_p \leq N_{ум}$, отже обрані режими різання задовольняють умові виникнення різання.

Визначаємо довжину робочого ходу за формулою, (мм):

$$L_{p.x} = L_o + L_{ер} + L_{пер}. \quad (1.39)$$

де $L_{ер}$ – довжина врізання, мм

$L_{пер}$ – довжина перебігу, мм

Виконуємо розрахунки за формулою (1.39):

$$L_{p.x} = 6 + 2 + 2 = 10 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.40):

$$t = \frac{6 + 2 + 2}{630 \cdot 0,25} \cdot 8 = 0,5 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для фрезерної операції

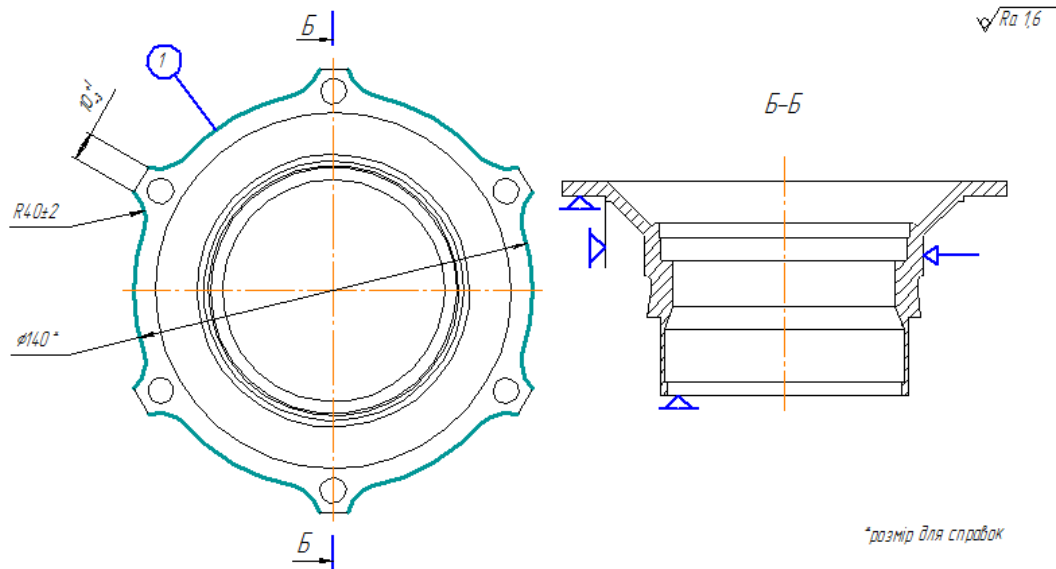


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз фрезерної операції

Глибина різання за формулою $t = 2,5 \text{ мм}$:

Подача за формулою:

$$S_O = S_{\text{таб}} \cdot KS_{zn} \cdot KS_{z\phi} \cdot KS_{zr} \cdot KS_{zs}. \quad (1.29)$$

де $KS_{zn} = 1$ – матеріал інструмента; [2, табл. 114, с. 305];
 $KS_{z\phi} = 0,57$ – фасонний профіль, [2, табл. 114, с. 305];
 $KS_{zr} = 0,25$ – шорсткість деталі, [2, табл. 114, с. 305];
 $KS_{zs} = 0,8$ – коефіцієнт, корегуючий шифр схеми фрезерування;
 $KS_m = 0,75$ – для 8 групи обробленого матеріалу, [2, табл. 65, с. 267]
 $S_{\text{таб}} = 0,18 \text{ мм/об}$ [2, табл. 111, с. 304];

$$S_O = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 0,25 \cdot 0,8 = 0,02 \text{ мм/об.}$$

За паспортом станка обираємо фактичну подачу: $S_{\phi} = 0,02 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання за формулою:

$$V_O = V_{таб} \cdot KV_n \cdot KV_\phi \cdot KV_u \cdot KV_z \cdot KV_\epsilon \cdot KV_b. \quad (1.31)$$

де $V_{таб.} = 19$ м/хв [2, табл. 130, с.319]

Поправочні коефіцієнти обираємо за [2, табл. 69, с. 272]

$KV_{II} = 1,0$ – без корки;

$KV_{II} = 1,2$ – при фрезеруванні кінцевими фрезами;

$KV_\phi = 1,0$ – коефіцієнт оброблюваної поверхні;

$KV_M = 1,0$ – для 8 групи матеріалу;

$KV_B = 1,2$ – відношення фактичної глибини різання до нормативної;

$KV_O = 1,0$ – для обробки з СОТС.

$$V_O = 19 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 27,36 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання за формулою (3.4):

$$n = \frac{1000 \cdot 27,36}{3,14 \cdot 50} = 274,27 \text{ об/хв.}$$

За паспортом станка обираємо частоту обертання $n = 250$ об/хв.

Фактична швидкість різання за формулою (3.5):

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 250}{1000} = 21,98 \text{ м/хв.}$$

Значення коефіцієнтів та показників ступені: $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,05$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$. [4, т. 39, с. 287]

Коефіцієнт K_{MV} для сталі визначаємо за формулою:

$$K_{MV} = Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{nv}. \quad (1.44)$$

де $\sigma_v = 710$ Мпа для сталі 13X11H2B2MФ-Ш;

Коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Hv} \cdot \quad (1.45)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт для матеріалу інструменту [4, т.2 с.262] ;

K_{Iv} – показник, що враховує вплив стану поверхні заготовки [4, т. 5, с. 263] ;

K_{Hv} – показник, що враховує вплив матеріалу інструменту [4, т. 6, с. 263].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.44):

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{710} \right)^{-0,9} = 0,95.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.45):

$$K_v = 0,95 \cdot 1 \cdot 0,65 = 0,62.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.43):

$$V = \frac{46,7 \cdot 35^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 5^{0,05} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 6^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,62 = 61,34 \text{ м/хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.28):

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot 61,34}{3,14 \cdot 35} = 558,14 \text{ об/хв.}$$

Скориговане число обертів шпинделя верстата відповідно до паспорту верстата: $n_{cm} = 630 \text{ об/хв}$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.29):

$$V = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 630}{1000} = 69,27 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою, (H):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_{z\phi}^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{\phi}^w} \cdot K_{mp} \cdot \quad (1.46)$$

де $S_{z\phi}$ – фактична подача на зуб, мм/зуб;

t – глибина фрезерування, мм.;

B – ширина фрезерування, мм.;

Z – кількість зубів фрези, шт;

D – діаметр валу, мм.

Значення коефіцієнтів та показників ступеня: $C_p = 825$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 1,1$; $w = 0$ [4, т. 41, с. 291].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.46):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 5}{35^{1,1} \cdot 630^0} \cdot 0,98 = 305,3 \text{ Н.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.33):

$$N = \frac{305,3 \cdot 69,35}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність на шпинделі за формулою (1.34).

Виконуємо розрахунки за формулою (1.42):

$$L_{p.x} = 50 + 2 + 2 = 54 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.35):

$$t = \frac{50 + 2 + 2}{630 \cdot 0,1} \cdot 2 = 0,85 \text{ хв.}$$

Проведемо розрахунок режимів різання для шліфувальної операції.
Вихідні данні зображені на ескізі операції рис 1.10.

✓ Ra 0,4

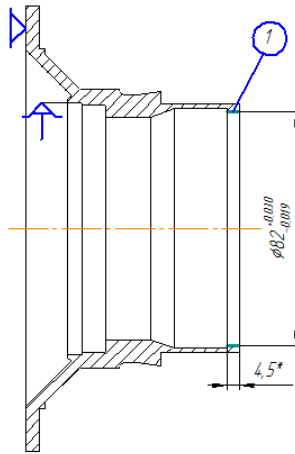


Рисунок 1.10 – Ескіз шліфувальної операції

Виконуємо розрахунки за формулою (1.25):

$$t = \frac{25,5 - 25,008}{2} = 0,246 \text{ мм.}$$

Призначаємо швидкість різання за довідковою літературою [5, с. 343]:

$$V = 20 \text{ мм/хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.28):

$$n_d = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 25,008} = 254,7 \text{ об/хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.29):

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 405 \cdot 1603}{1000 \cdot 60} = 34 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову подачу за формулою (мм/об):

$$S_{t/об} = S_{тГ} \cdot K_{St}. \quad (1.47)$$

де $S_{тГ}$ – табличне значення радіальної подачі на хід мм [5, т. 162, с. 345].

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт за формулою:

$$K_{St} = K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{vk} \cdot K_T \cdot K_{tT} \cdot K_h. \quad (1.48)$$

де K_M – коефіцієнт, який враховує матеріал, який оброблюють [5 т.165 с.348]

K_R – коефіцієнт, який враховує радіус галтелі деталі [5, т. 165, с. 348];

K_D – коефіцієнт, який враховує діаметр круга [5, т. 165, с. 348];

K_{vk} – коефіцієнт, який враховує швидкість круга [5, т. 165, с. 348];

K_T – коефіцієнт, який враховує стійкість круга [5, т. 165, с. 348];

K_{tT} – коефіцієнт, який враховує точність обробки [5, т. 165, с. 348];

K_h – коефіцієнт, який враховує припуск на обробку [5 т. 165 с.348].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.48):

$$K_{St} = 1 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,08 = 0,2.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.47):

$$S_{t/об} = 0,0225 \cdot 0,2 = 0,004 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання за формулою, (кВт):

$$N = N_m \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.49)$$

де N_m – таблична потужність різання при шліфуванні, Н, [6, к. 8, с. 630];

K_1 – коефіцієнт, який залежить від твердості та ширини круга [6, к. 8, с. 630];

K_2 – коефіцієнт, який залежить діаметру шліфування [6, к. 8, с. 630].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.49):

$$N = 2,35 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,7 \text{ кВт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$N_{um} = 3,75 \cdot 0,8 = 3 \text{ кВт.}$$

Визначаємо основний час за формулою (хв):

$$t_0 = \frac{L \cdot h \cdot K}{2 \cdot n_o \cdot S \cdot B \cdot S_{t/об}}. \quad (1.50)$$

де L – довжина обробки, мм;

h – припуск на діаметр, який дорівнює глибині обробці, мм;

K – коефіцієнт, який враховує час на створення початкового натягу в системі.

Визначаємо довжину обробки за формулою, (мм):

$$L = L_o - \frac{B_K}{2}. \quad (1.51)$$

де B_K – ширина шліфувального круга, мм.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.51):

$$L = 78 - \frac{25}{2} = 65,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо поздовжню подачу за формулою, (мм/об)

$$B = 0,5 \cdot B_K. \quad (1.52)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.52):

$$B = 0,5 \cdot 25 = 12,5 \text{ мм/об.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.50):

$$t_0 = \frac{65,5 \cdot 0,246 \cdot 1}{2 \cdot 250 \cdot 12,5 \cdot 0,004} = 0,63 \text{ хв.}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для токарної операції.

Визначаємо норму допоміжного часу за формулою, (хв):

$$t_s = (t_{y.c.} + t_{он/o} + t_{пер} + t_{контр}) \cdot K. \quad (1.53)$$

де $t_{y.c.}$ – допоміжний час на зняття та встановлення деталей, хв [6, к. 51, с. 138];

$t_{он/o}$ – час швидкого підводу-відводу інструменту, хв;

$t_{пер}$ – час, який пов'язаний з переходом, хв;

$t_{контр}$ – час, який пов'язаний з контрольними промірами, хв;

K – коефіцієнт, який залежить від типу виробництва.

Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв) :

$$t_{пер} = t_{вкл/выкл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{ц} + t_{уст.i} + t_{созж} . \quad (1.54)$$

де $t_{вкл/выкл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата

$t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 61, с. 156];

$t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 61, с. 156];

$t_{ц}$ – час, який пов'язаний зі встановленням огороження [6, к. 61, с. 156];

$t_{уст.i}$ – час, який пов'язаний зі встановленням інструменту [6, к. 61, с. 156];

$t_{ЗОР}$ – час, який пов'язаний зі змащуванням деталі [6, к. 61, с. 156].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.54):

$$t_{пер} = 0,01 + 0,03 + 0,03 + 0,05 + 0,7 + 0,03 = 0,85 \text{ хв.}$$

Визначаємо час, який пов'язаний з контрольними промірами за формулою, (хв):

$$t_{контр} = t_{контр табл} \cdot i . \quad (1.55)$$

де $t_{контр табл}$ – табличний час, який пов'язаний з контрольними промірами, хв [6, к. 64, с. 160];

i – періодичність контрольних промірів.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.55):

$$t_{контр} = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.53):

$$t_{\epsilon} = (0,11 + 0,3 + 0,85 + 0,05) \cdot 1,85 = 2,423 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму додаткового часу за формулою, (хв):

$$t_{np} = (t_0 + t_{\epsilon}) \cdot \alpha_{\Sigma} . \quad (1.56)$$

де α_{Σ} – сумарний час на обслуговування, відпочинок та природні потреби, хв.

Визначаємо сумарний час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби за формулою, (хв):

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{обсл} + \alpha_{отд} + \alpha_{ест} . \quad (1.57)$$

де $\alpha_{обсл}$ – час, який пов'язаний з обслуговуванням робочого місця, хв [6, к. 2, с. 136];

$\alpha_{отд} + \alpha_{ест}$ – час, який пов'язаний з відпочинком та особистими потребами, хв [6, к. 2, с. 136].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.57):

$$\alpha_{\Sigma} = 0,021 + 0,042 = 0,063 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.56):

$$t_{np} = (1,05 + 2,423) \cdot 0,063 = 0,218 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний часу за формулою, (хв):

$$t_{um} = t_o + t_{\epsilon} + t_{np} . \quad (1.58)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.58):

$$t_{um} = 1,05 + 2,423 + 0,218 = 3,691 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою, (хв):

$$t_{n.з.} = t_{n.з.1} + t_{n.з.2} + t_{n.з.3} . \quad (1.59)$$

де $t_{n.з.1}$ – підготовчо-заключний час на налагодження верстата інструмента та пристосувань, хв [6, к. 49, с. 135];

$t_{n.з.2}$ – підготовчо-заключний час на додаткові прийоми, хв [6, к. 49, с. 136];

$t_{n.з.3}$ – підготовчо-заключний час на отримання інструмента та пристосувань до початку та здачу після закінчення обробки, хв [8, к. 49, с. 136].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{n-3} = 8 + 0 + 7 = 15 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою, (хв):

$$t_{шт-к} = t_{ш} + \frac{t_{n-3}}{n}. \quad (1.60)$$

де n – об'єм партії серійного виробництва, шт.

Визначаємо об'єм партії серійного виробництва за формулою, (шт):

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \quad (1.61)$$

де a – періодичність запуску деталі у виробництво, дн;

N – річна програма випуску, шт;

A – кількість робочих днів у році.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$n = \frac{5 \cdot 1500}{253} \approx 30 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{шт-к} = 3,69 + \frac{15}{30} = 4,19 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для свердлильної операції.

Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв):

$$t_{пер} = t_{пер.табл} + t_{вкл/викл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{інст} + t_{уст.і} + t_{вкл/викл\text{ СОЖ}} + t_{сож}. \quad (1.62)$$

де $t_{пер\ табл}$ – табличний час, який пов'язаний з переходом [6, к. 46, с.295];

$t_{вкл/викл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата;

$t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 47, с. 296];

$t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 47, с. 296];

$t_{уст.і}$ – час, який пов'язаний зі встановленням інструменту [6, к. 47, с. 296];

$t_{вкл/викл\text{ ЗОР}}$ – час, який пов'язаний зі включенням – виключенням ЗОР [6, к. 47, с. 296];

$t_{ЗОР}$ – час, який пов'язаний зі змащуванням деталі [6, к. 47, с. 296].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.62):

$$t_{пер} = 0,17 + 0,01 + 0,03 + 0,03 + 0,05 + 0,03 + 0,05 = 0,82 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.55):

$$t_{контр} = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.53):

$$t_{\epsilon} = (0,16 + 0,3 + 0,82 + 0,5) \cdot 1,85 = 3,293 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.57):

$$\alpha_{\Sigma} = 0,075 + 0,02 = 0,095 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.56):

$$t_{np} = (0,5 + 3,293) \cdot 0,095 = 0,36 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.58):

$$t_{ум} = 0,5 + 3,293 + 0,36 = 4,153 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{n-3} = 9 + 0 + 5 = 13 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$n = \frac{5 \cdot 1500}{253} \approx 30 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.60):

$$t_{ум-к} = 4,153 + \frac{15}{30} = 4,6 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для фрезерної операції.
Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв):

$$t_{пер} = t_{реж} + t_{т.о} + t_{вкл/викл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{ц} + t_{уст.і} + t_{вкл/викл\ сож} \cdot \quad (1.63)$$

де $t_{реж}$ – табличний час, який пов'язаний з режимом роботи [6, к. 64, с. 440];

$t_{т.о.}$ – табличний час, який пов'язаний з типом обробки [6, к. 64, с. 440];

$t_{вкл/викл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата

$t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 64, с. 442];

$t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 64, с. 442];

$t_{ц}$ – час, який пов'язаний встановленням огороження [6, к. 64, с. 442];

$t_{уст.і}$ – час, який пов'язаний зі встановленням інструменту [6, к. 64, с. 440];

$t_{вкл/викл\ ЗОР}$ – час, який пов'язаний зі включенням – виключенням ЗОР [6, к. 66 с. 445].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.63):

$$t_{пер} = 0,05 + 0,09 + 0,01 + 0,04 + 0,03 + 0,18 + 0,17 + 0,04 = 0,61 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.55):

$$t_{контр} = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.53):

$$t_{с} = (0,13 + 0,3 + 0,61 + 0,05) \cdot 1,85 = 2,01 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.57):

$$\alpha_{\Sigma} = 0,0675 + 0,108 = 0,1755 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.56):

$$t_{пр} = (0,85 + 2,01) \cdot 0,1755 = 0,5 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.58):

$$t_{um} = 0,85 + 2,01 + 0,5 = 3,36 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{n-3} = 14,7 + 2 + 0 + 7 = 23,7 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$n = \frac{5 \cdot 1500}{253} \approx 30 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.60):

$$t_{um-k} = 3,36 + \frac{23,7}{30} = 4,15 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для шліфувальної операції.
Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв):

$$t_{пер} = t_{пер} + t_{вкл/викл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{ц} + t_{уст.i}. \quad (1.64)$$

де $t_{пер}$ – табличний час, який пов'язаний з переходом [6, к. 15, с. 639];

$t_{вкл/викл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата

$t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 18, с. 643];

$t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 18, с. 643];

$t_{ц}$ – час, який пов'язаний встановленням огороження [6, к. 15, с. 639].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.64):

$$t_{пер} = 0,08 + 0,01 + 0,03 + 0,03 + 0,09 = 0,24 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.53):

$$t_{контр} = 0,7 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.45):

$$t_{с} = (0,16 + 0,3 + 0,24 + 0,35) \cdot 1,85 = 1,9425 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.57):

$$\alpha_{\Sigma} = 1,7 + 0,04 + 0,007 = 1,747 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.56):

$$t_{np} = (0,028 + 1,9425) \cdot 1,747 = 3,44 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.58):

$$t_{um} = 0,028 + 1,9425 + 3,44 = 5,41 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою (хв):

$$t_{n.з.} = t_{n.з.1} + t_{n.з.2}. \quad (1.65)$$

де $t_{n.з.1}$ – підготовчо-заключний час на встановлення деталі, хв [6, к. 20, с. 646];

$t_{n.з.2}$ – підготовчо-заключний час на зміну шліфувального круга, хв [6, к. 20, с. 646].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{n-3} = 7 + 6 = 13 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$n = \frac{5 \cdot 1500}{253} \approx 30 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.60):

$$t_{um-\kappa} = 5,41 + \frac{13}{30} = 5,84 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК з використанням NX CAM.

1.8.1 Розробка токарної операції

Першим кроком розробки токарної операції є заповнення полів режимів обробки деталі згідно розрахунків режимів різання. Після заповнення усіх потрібних параметрів ми отримуємо траєкторію руху інструмента та його початкове положення зображене на рис. (1.11 – 1.13).

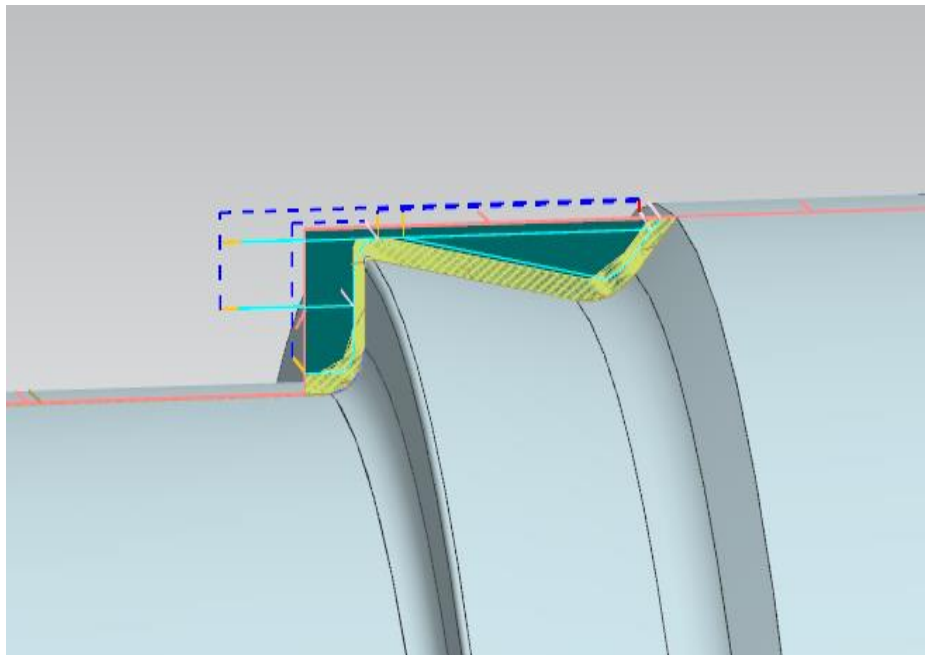


Рисунок 1.11 – Демонстрація траєкторії руху інструмента

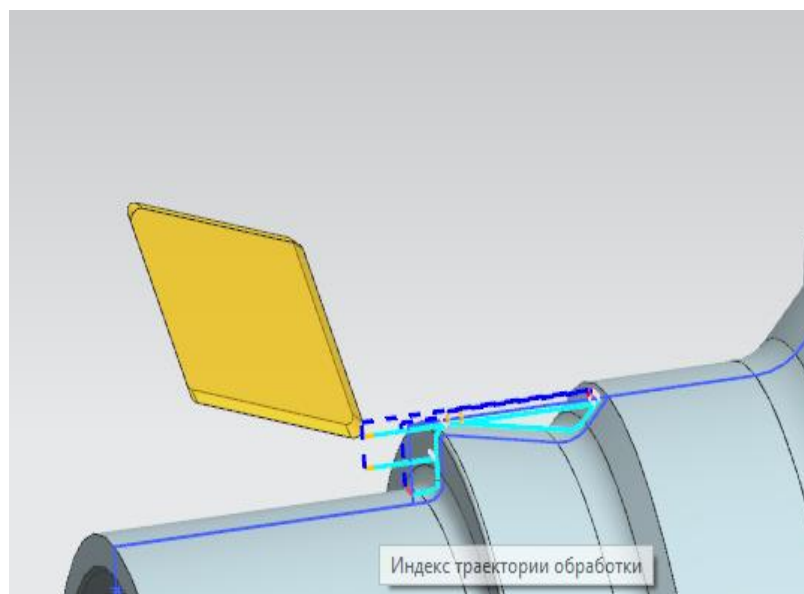
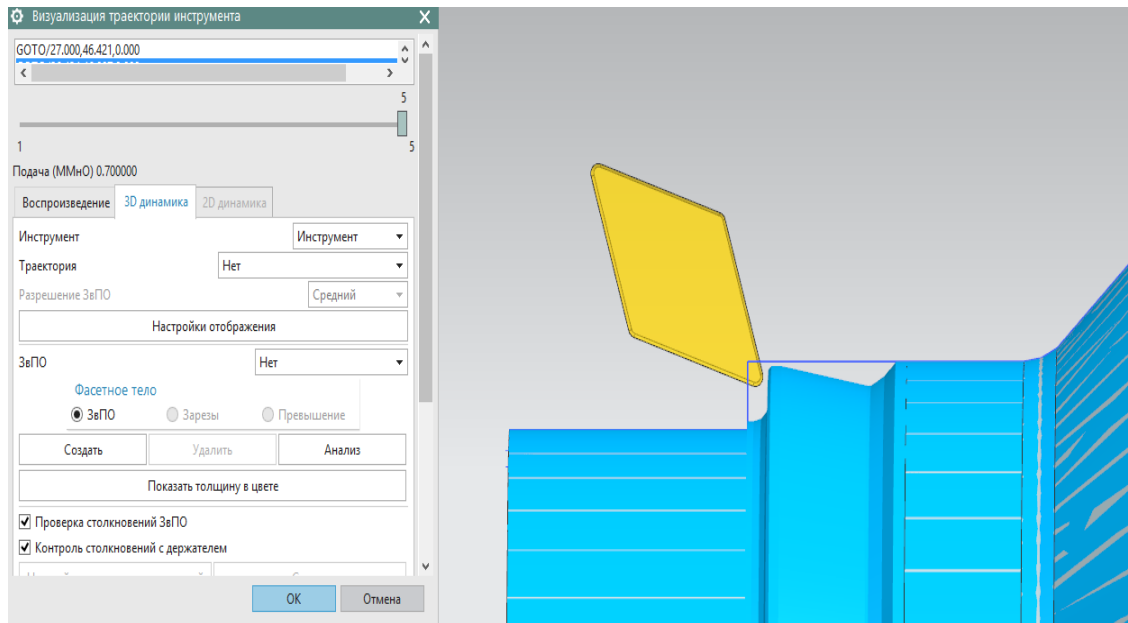


Рисунок 1.12 – Демонстрація початкового положення інструмента



На рис. 1.13 зображено демонстрацію обробки деталі.

Останнім кроком розробки токарної операції є постпроцесування операції. Частина програми токарної операції зображена на рис. 1.14.

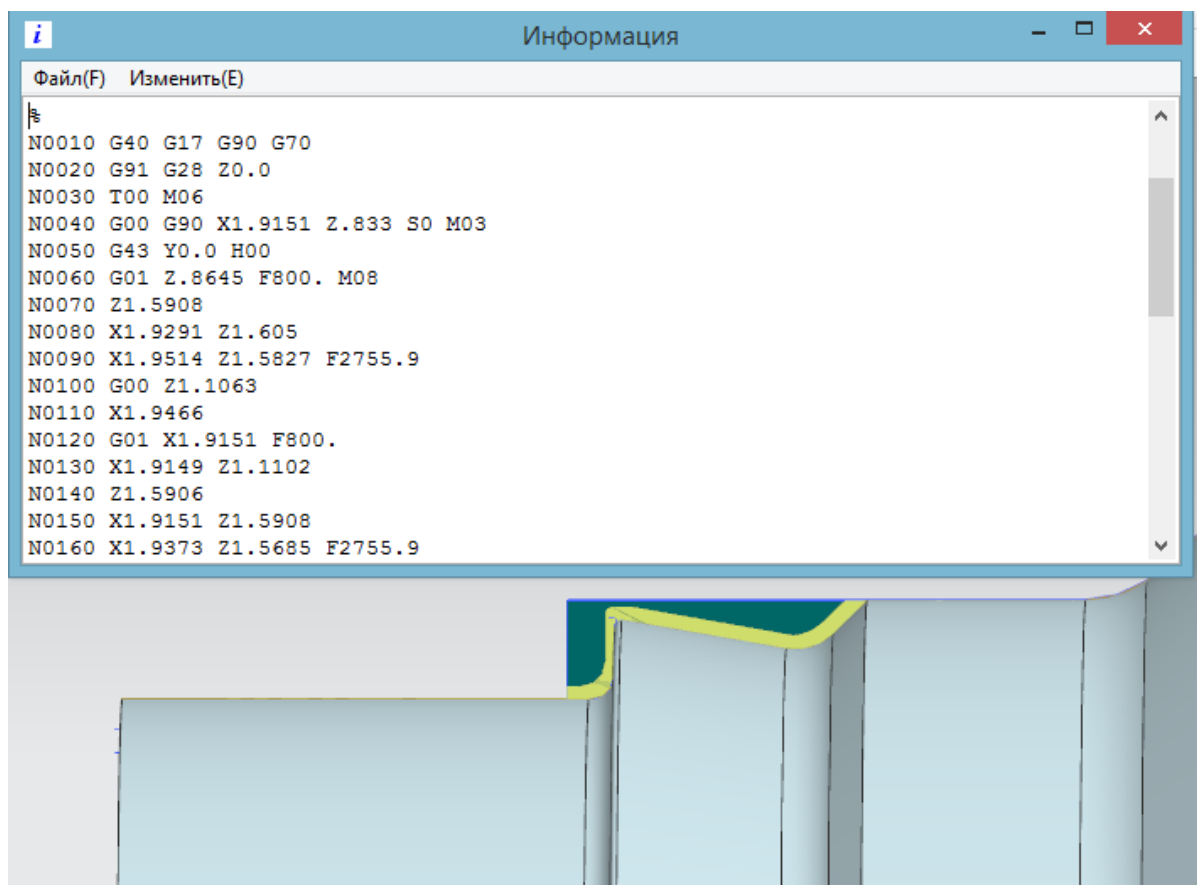


Рисунок 1.14 – Постпроцесування токарної операції

Постпроцесувати створену токарну операцію, постпроцесор
MILLTURN:

%

N0010 G40 G17 G90 G70

N0020 G91 G28 Z0.0

N0030 T00 M06

N0040 G00 G90 X1.9151 Z.833 S0 M03

N0050 G43 Y0.0 H00

N0060 G01 Z.8645 F800. M08

N0070 Z1.5908

N0080 X1.9291 Z1.605

N0090 X1.9514 Z1.5827 F2755.9

N0100 G00 Z1.1063

N0110 X1.9466

N0120 G01 X1.9151 F800.

N0130 X1.9149 Z1.1102

N0140 Z1.5906

N0150 X1.9151 Z1.5908

N0160 X1.9373 Z1.5685 F2755.9

N0170 G00 X1.9542

N0180 Z1.1505

N0190 X1.9464

N0200 G01 X1.9149 F800.

N0210 X1.8517 Z1.5086

N0220 G03 X1.8747 I.0844 J0.0

N0230 G01 X1.9149 Z1.5906

N0240 X1.9371 Z1.5684 F2755.9

N0250 G00 X1.9544

N0260 Z.8278

N0270 X1.8276

N0280 G01 Z.8593 F800.

N0290 Z1.063

N0300 X1.8718

N0310 G02 X1.9151 I0.0 J0.0

N0320 G01 X1.9373 Z1.084 F2755.9

N0330 G00 Z.9551

N0340 X1.7624

N0350 G01 X1.7402 Z.9774 F800.

N0360 Z1.0354
N0370 G03 X1.7677 I.0276 J0.0
N0380 G01 X1.8276 Z1.063
N0390 X1.8499 Z1.0407 F2755.9
N0400 M02
%

1.8.2 Розробка свердильної операції

Першим кроком розробки свердильної операції є заповнення полів режимів обробки деталі згідно розрахунків режимів різання. Після заповнення усіх потрібних параметрів ми отримуємо траєкторію руху інструмента та його початкове та кінцеве положення зображене на рис. 1.15 – 1.17.

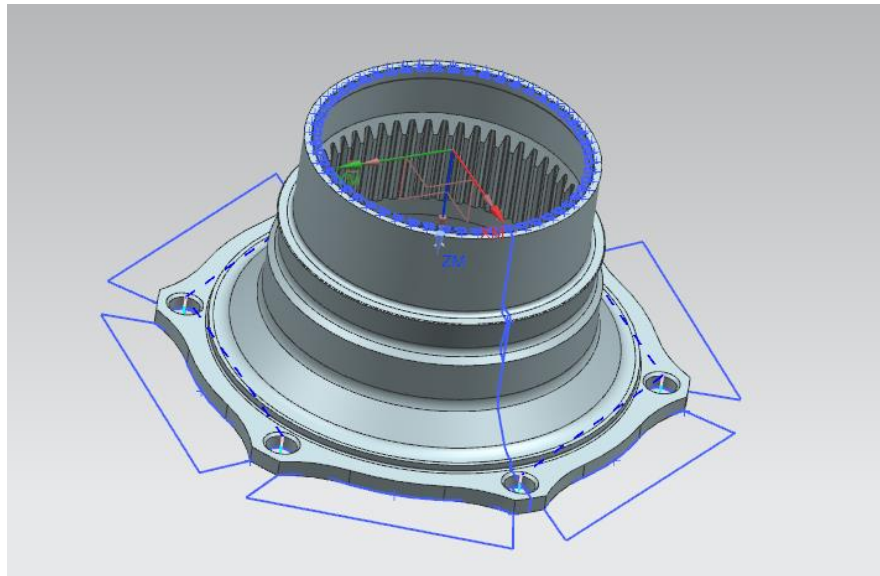


Рисунок 1.15 – Демонстрація траєкторії руху інструмента

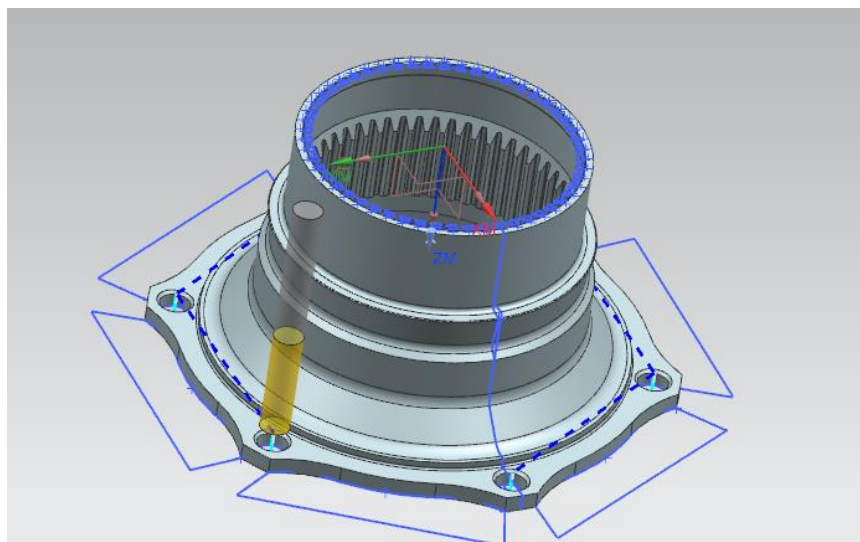


Рисунок 1.16 – Демонстрація початкового положення інструмента

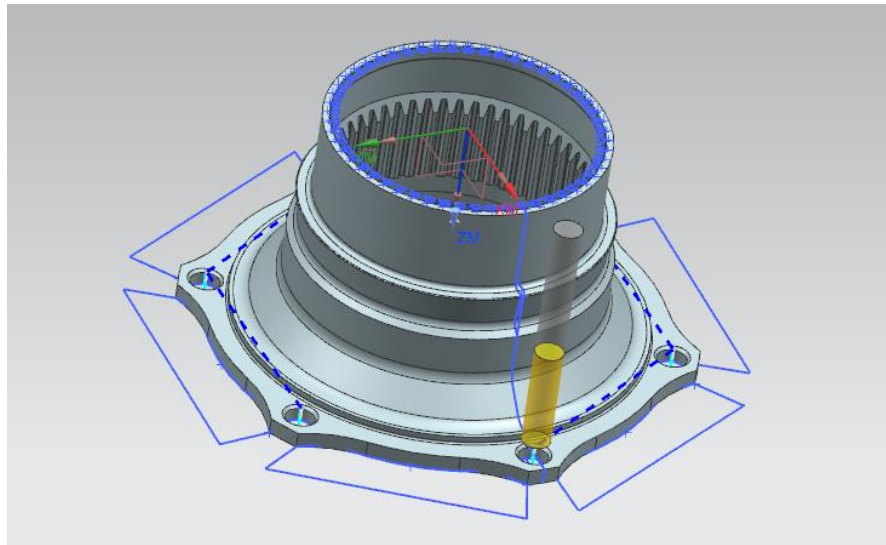


Рисунок 1.17 – Демонстрація кінцевого положення інструмента

Останнім етапом розробки технологічних операцій є постпроцесування операції. Постпроцесування свердильної операції зображено на рис.1.18.

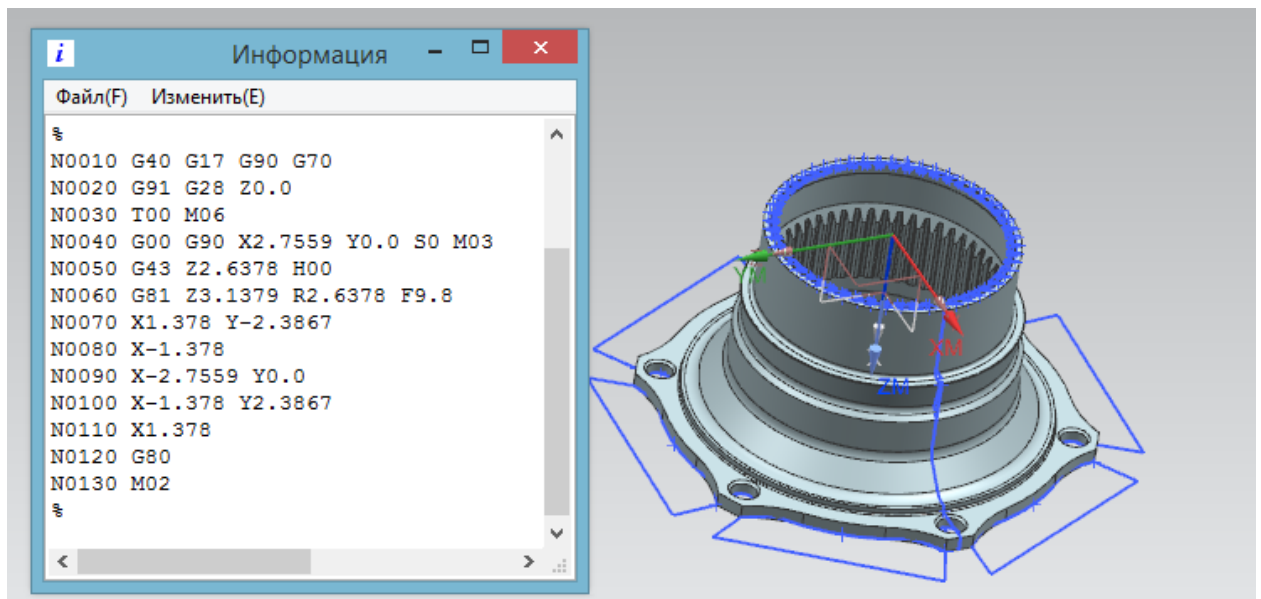


Рисунок 1.18 – Постпроцесування свердильної операції

Постпроцесувати створену операції, постпроцесор MILLTURN:

%

N0010 G40 G17 G90 G70

N0020 G91 G28 Z0.0

N0030 T00 M06

N0040 G00 G90 X2.7559 Y0.0 S0 M03

N0050 G43 Z2.6378 H00
N0060 G81 Z3.1379 R2.6378 F9.8
N0070 X1.378 Y-2.3867
N0080 X-1.378
N0090 X-2.7559 Y0.0
N0100 X-1.378 Y2.3867
N0110 X1.378
N0120 G80
N0130 M02
%

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Першим кроком розробки фрезерної операції є заповнення полів режимів обробки деталі згідно розрахунків режимів різання. Після заповнення усіх потрібних параметрів ми отримуємо траєкторію руху інструмента та його початкове та кінцеве положення зображене на рис. 1.19 – 1.21.

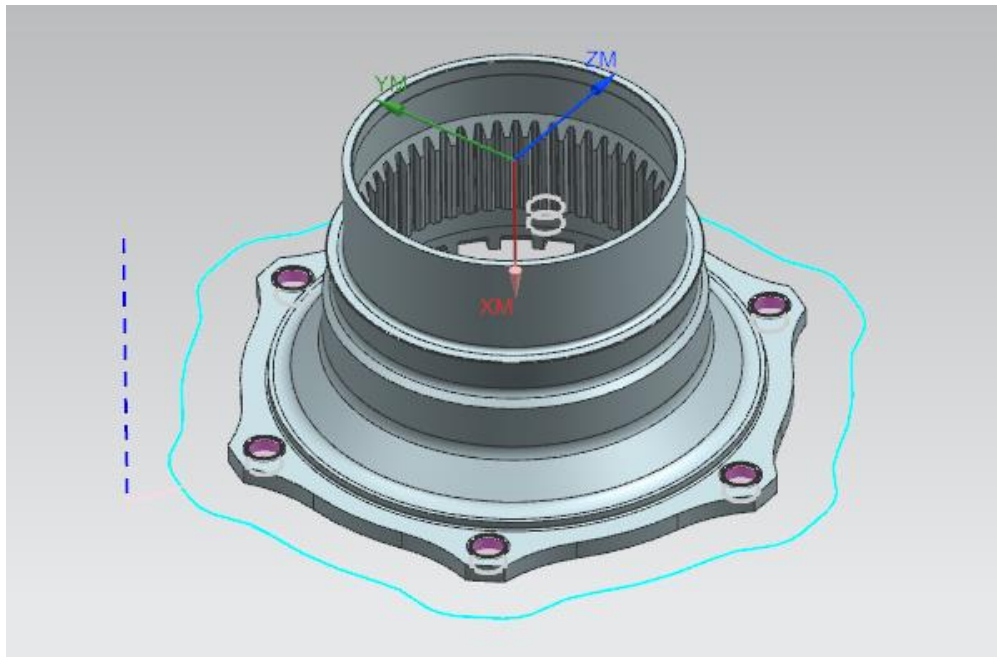


Рисунок 1.19 – Демонстрація траєкторії руху інструмента

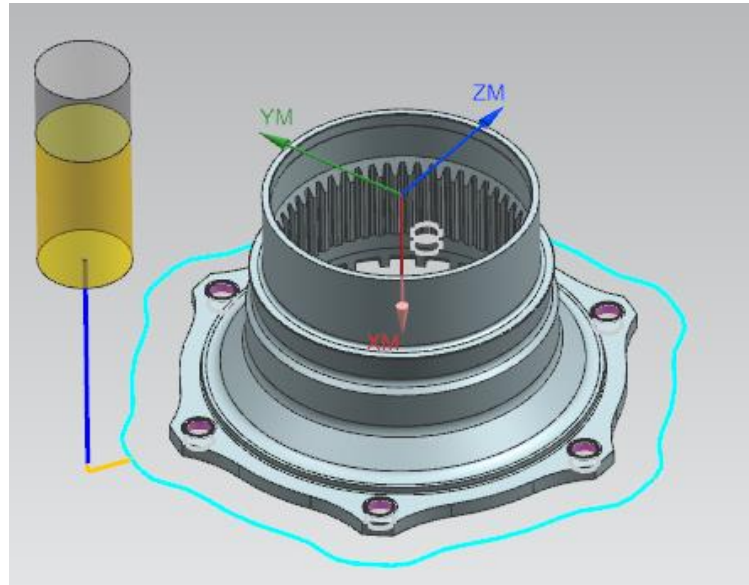


Рисунок 1.20 – Демонстрація положення інструмента до та після обробки

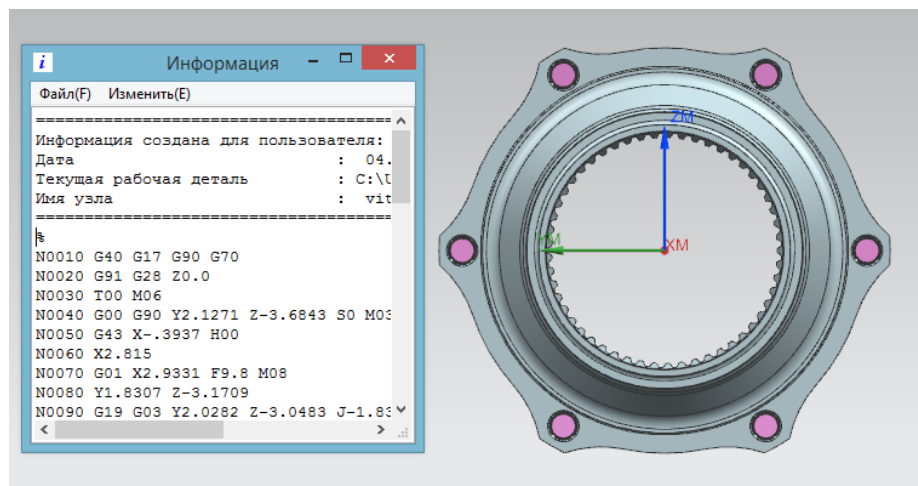


Рисунок 1.21 – Постпроцесування фрезерної операції
Постпроцесувати створену операцію, постпроцесор MILLTURN:

%

N0010 G40 G17 G90 G70

N0020 G91 G28 Z0.0

N0030 T00 M06

N0040 G00 G90 Y2.1271 Z-3.6843 S0 M03

N0050 G43 X-.3937 H00

N0060 X2.815

N0070 G01 X2.9331 F9.8 M08

N0080 Y1.8307 Z-3.1709

N0090 G19 G03 Y2.0282 Z-3.0483 J-1.8307 K3.1709

N0100 Y2.28 Z-2.6735 J-.3271 K.4917

N0110 G02 Y2.5073 Z-2.2163 J.9648 K-.1947

N0120 G03 Y3.1731 Z-1.0633 J-2.5073 K2.2163
 N0130 G02 Y3.4553 Z-.6378 J.9333 K-.3127
 N0140 G03 Y3.654 Z-.2323 J-.3906 K.4429
 N0150 Z.2323 J-3.654 K.2323
 N0160 Y3.4553 Z.6378 J-.5894 K-.0375
 N0170 G02 Y3.1731 Z1.0633 J.651 K.7382
 N0180 G03 Y2.5073 Z2.2163 J-3.1731 K-1.0633
 N0190 G02 Y2.28 Z2.6735 J.7375 K.6519
 N0200 G03 Y2.0282 Z3.0483 J-.5789 K-.1168
 N0210 Y1.6258 Z3.2807 J-2.0282 K-3.0483
 N0220 Y1.1753 Z3.3113 J-.2622 K-.5291
 N0230 G02 Y.6657 Z3.2796 J-.3138 K.9329
 N0240 G03 Y-.6657 J-.6657 K-3.2796
 N0250 G02 Y-1.1753 Z3.3113 J-.1958 K.9646
 N0260 G03 Y-1.6258 Z3.2807 J-.1883 K-.5597
 N0270 Y-2.0282 Z3.0483 J1.6258 K-3.2807
 N0280 Y-2.28 Z2.6735 J.3271 K-.4917
 N0290 G02 Y-2.5073 Z2.2163 J-.9648 K.1947
 N0300 G03 Y-3.1731 Z1.0633 J2.5073 K-2.2163
 N0310 G02 Y-3.4553 Z.6378 J-.9333 K.3127
 N0320 G03 Y-3.654 Z.2323 J.3906 K-.4429
 N0330 Z-.2323 J3.654 K-.2323
 N0340 Y-3.4553 Z-.6378 J.5894 K.0375
 N0350 G02 Y-3.1731 Z-1.0633 J-.651 K-.7382
 N0360 G03 Y-2.5073 Z-2.2163 J3.1731 K1.0633
 N0370 G02 Y-2.28 Z-2.6735 J-.7375 K-.6519
 N0380 G03 Y-2.0282 Z-3.0483 J.5789 K.1168
 N0390 Y-1.6258 Z-3.2807 J2.0282 K3.0483
 N0400 Y-1.1753 Z-3.3113 J.2622 K.5291
 N0410 G02 Y-.6657 Z-3.2796 J.3138 K-.9329
 N0420 G03 Y.6657 J.6657 K3.2796
 N0430 G02 Y1.1753 Z-3.3113 J.1958 K-.9646
 N0440 G03 Y1.6258 Z-3.2807 J.1883 K.5597
 N0450 Y1.8307 Z-3.1709 J-1.6258 K3.2807
 N0460 G01 Y2.1271 Z-3.6843
 N0470 X2.815
 N0480 G00 X-.3937
 N0490 M02
 %

2 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Ретельно вивчивши конструкцію деталі було встановлено, що для покращення якості обробки та збільшення швидкості оброблюваних деталей пропонується використання кондуктору для свердлильної операції. Пристосування дозволяє надійно базувати і закріплювати оброблювану деталь зі збереженням її жорсткості в процесі обробки, підвищуючи якість і швидкість обробки.

Принцип використання пристосування: деталь «Вал» встановлюється на нижню опорну площину, яка є базою, після чого верхня плита кондуктора під дією пневмопривода з поршнем через шток плавно переміщається вниз притискає деталь.

Після обробки виконується зняття деталі з пристосування виконується наступним чином: стисле повітря з пневмоциліндра стравлюється, після чого змінюють напрям подачі повітря що призводить до підймання штоку. Що призводить до звільнення гайки яка притискає розрізну шайбу. Що в свою чергу дозволить звільнити деталь.

2.1.2 Вибір схеми базування і розрахунок похибки встановлення

Деталь встановлюється на нижню опорну площину з упором в торець. Нижня площина є базою та лишає заготовку трьох ступенів волі. Внутрішня циліндрична поверхня подвійною опорною базою та лишає заготовку двох ступенів волі. Схема базування не повна, вказана на рис. 2.1. Шоста ступінь волі порушиться при затиску.

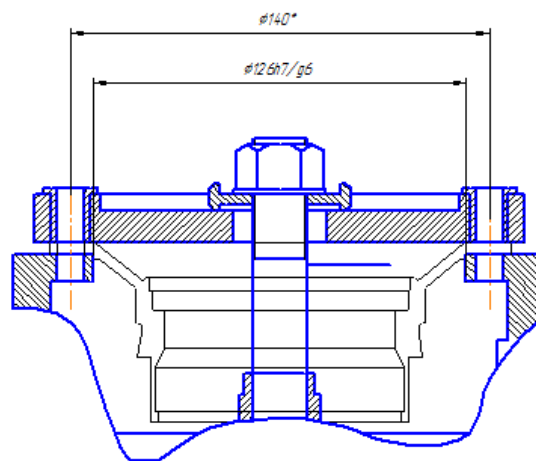


Рисунок 2.1 – Схема встановлення деталі в пристосуванні

При встановленні деталі в пристрій виникає похибка встановлення через неточності виготовлення установчих елементів та затискних елементів пристрою, а також неточності розмірів оброблюваної деталі при виконанні попередніх операцій.

Похибка встановлення $\varepsilon_{\text{в}}$, мм розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{в}} = \varepsilon_{\text{б}} + \varepsilon_{\text{з}} \quad . \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ – похибка базування, мм;

$\varepsilon_{\text{з}}$ – похибка закріплення яка виникає внаслідок прикладання сил затиску, мм.

Визначаємо похибку базування $\varepsilon_{\text{б}}$ при схемі установки заготовки на жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю по формулі:

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{S_{\text{max}}}{2} \quad (2.2)$$

де S_{max} – максимальний зазор, мм.

Максимальний зазор розраховується по формулі:

$$S_{\text{max}} = T_{\text{o}} + T_{\text{n}} + 2\Delta \quad (2.3)$$

де T_{n} – допуск пальця, мм;

T_{o} – допуск отвору, мм;

2Δ – гарантований зазор, мм.

$$S_{\text{max}} = 0,12 + 0,019 + 0,01 = 0,149.$$

$$\varepsilon_{\text{б}} = \frac{0,149}{2} = 0,0745.$$

$$\varepsilon_{\text{з}} = 0.$$

Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки напрям сили затиску і розміру обробки взаємно перпендикулярні.

Розраховуємо похибку встановлення $\varepsilon_{\text{в}}$, мм за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{в}} = 0,0749 + 0 = 0,0749.$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок на точність полягає у визначенні виконавчих розмірів на встановлення деталі. Для визначення розміру встановлення необхідно знати налагоджувальний розмір для даного виду обробки заготовки. Основними параметрами, які визначають вибір методу за призначенням розміру, є точність обробки і тривалість налагодження. При визначенні виконавчих розмірів на їх виготовлення необхідно враховувати, що на авіабудівних підприємствах тип виробництва серійний, і такий критерій, як тривалість налагодження інструмента не береться до уваги, а враховується критерій точності обробки.

Тому, при розрахунку на точність пристосувань, призначених для таких умов виробництва, доцільно настроювальний розмір приймати рівним середньому розміру обробки з одностороннім полем допуску.

Визначаємо допуск на виготовлення пристосування T_n по формулі:

$$T_n \leq T_{обр} - k_p \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{баз})^2 + \varepsilon_{закр}^2 + (k_2 \cdot w)^2} . \quad (2.4)$$

де $T_{обр}$ – допуск на розмір обробки;

$T_{обр} = 0,12$ [7, табл. 5.2, с. 63];

k_p - коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу;

$k_p = 1 \dots 1,2$ [7, табл. 5.2, с. 63];

k_1 - коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування в слідство того, що установчий елемент в пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко рівні граничним;

$k_1 = 0,8 \dots 0,85$ [7, табл. 5.2, с. 63];

k_2 - коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибки, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування;

$k_2 = 0,6 \dots 0,65$ [7, табл. 5.2, с. 63];

$w = 0,1$ – середня економічна точність обробки [7, табл. 5.2, с. 63].

$$T_n \leq 0,12 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0,0749)^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2}.$$

$$T_n \leq 0,05 \text{ мм.}$$

Оскільки $T_n \leq \varepsilon_v$, $0,05 \leq 0,0749$, то при обробці в даному пристосуванні витримується розмір обробки. Розрахунок на точність пристосування виконується.

2.1.4 Розрахунок необхідних сил затиску в пристосуванні

Конструкція кондукторів передбачає розподіл сил закріплення заготовки між опорною і затискною поверхнею. У такому варіанті розрахунку сили тертя розподіляється між нижньою опорною поверхнею і верхньою затискною поверхнею кондукторної плити.

Якщо кілька отворів свердлять одночасно, розрахунок M_p проводять з використанням поняття невіднозначеної радіальної сили ΔP .

$$M_p = \frac{D_0}{2} \cdot \Delta P \cdot n. \quad (2.5)$$

де $D_0 = 140$ мм - відстань між отворами,
 $n = 2$ - кількість одночасно робочих отворів.

Знаходимо осьову силу P_0 по формулі:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^{qp} \cdot S^{yp} \cdot k_p. \quad (2.6)$$

де C_p – коефіцієнт, який враховує вплив оброблюваного матеріалу [3, с. 121];

$C_p = 68$, $qp = 1,0$, $yp = 0,7$;

D – діаметр свердла, мм;

S – подача, мм/об.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 8.5 \cdot 0.25^{0.7} \cdot 1.19 = 2606 \text{ Н.}$$

Знаходимо невіднозначену радіальну силу ΔP по формулі:

$$\Delta P = 0,0153 \cdot (1 - k) \cdot P_0. \quad (2.7)$$

де $k = 0,5$ - так як свердла мають дві ріжучі кромки [3, с. 132];

$$\Delta P = 0,0153 \cdot (1 - 0,5) \cdot 2606 = 19.94 \text{ Н.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (2.5):

$$M_p = \frac{140}{2} \cdot 19,94 \cdot 2 = 2791,6 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Проводимо розрахунок сили затиску :

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot M_p}{f \cdot d_{ce}} \cdot \left| \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right| - P_o. \quad (2.8)$$

$$W = \frac{2 \cdot 2,25 \cdot 1615,2}{0,17 \cdot 8,5} \cdot \left| \frac{140^3 - 126^3}{140^2 - 126^2} \right| - 2606 = 2030 \text{ Н}.$$

де $f = 0,17$ - коефіцієнт тертя ($f = 0,16 \dots 0,18$)

$D = 140 \text{ мм}$

$d = 126 \text{ мм}$

k - коефіцієнт запасу закріплення,

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6. \quad (2.9)$$

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,25.$$

k_0 - гарантійний коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$ [7, с. 34];

k_1 - враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірного припуску на заготовці і враховується тільки для чорнових переходів, $k_1 = 1$ [7, с. 34];

k_2 - враховується у всіх випадках обробки, і залежить від виду оброблюваного матеріалу і нерівномірності зносу ріжучого інструменту, $k_2 = 1$ - [7, с. 34];

k_3 - враховує умови переривчастого виду обробки, $k_3 = 1$ - в умовах плавного різання [7, с. 34];

k_4 - характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску, $k_4 = 1$ - для пневматичних приводів [7, с. 34];

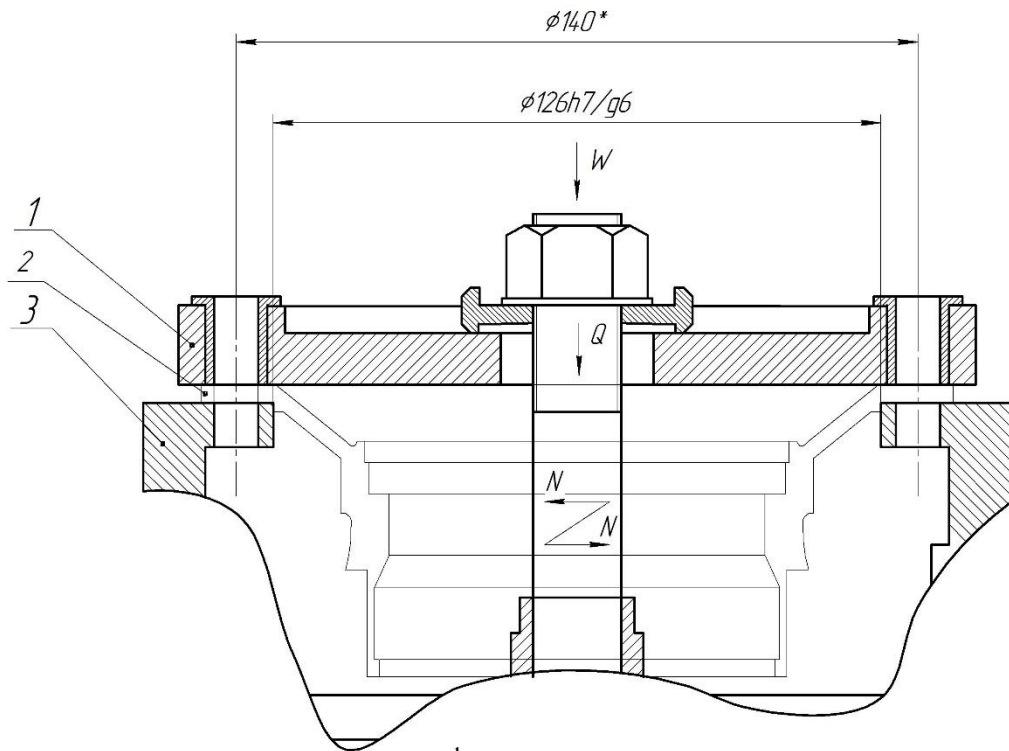
k_5 - характеризує ручні затискачі з точки зору закріплення деталі, $k_5 = 1,0$ - для ексцентрикових затискачів [7, с. 34];

$k_6 = 1,5$ - для суцільних опор (опорне кільце).

2.1.5 Розрахунок сили на штоці пневмоциліндра

Виходячи з того що, сила затиску W і осьова сила Q знаходяться на одній осі, то вони однакові. Розрахункова схема прихвату показана на рис. 2.3.

$$W = Q = 2030 \text{ Н.}$$



1- верхня плита; 2- деталь; 3- оправка.

Рисунок 2.3 – Схема пневмоциліндра для визначення сили на штоці

Розраховуємо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (2.10)$$

де p – тиск стислого повітря, $p=0,4$ МПа;
 η – коефіцієнт корисної дії, враховує тертя $\eta=0,85$.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2030}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 63 \text{ мм.}$$

По [7, с. 141] коректується діаметр циліндра, приймається ближче більше значення: $D_{ц} = 100$ мм, діаметр штока $d_{ш} = 30$ мм. Зусилля на штоці пневмоциліндра при прямому Q , H та зворотньому $Q_{зх}$, H ході по формулам:

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

$$Q_{зх} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \rho \cdot \eta. \quad (2.12)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} 0,4 \cdot 0,85 = 2162 \text{ Н.}$$

$$Q_{зх} = \frac{3,14 \cdot (100^2 - 30^2)}{4} 0,4 \cdot 0,85 = 1922 \text{ Н.}$$

Сила затиску на штоці вибраного пневмоциліндра більша за розраховану, отже пневмоциліндр вибрано вірно.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування

Проаналізувавши конструкцію деталі «Вал» було виявлено, що для контролю якості обробки деталі пропонується використання пристрою для контролю радіального биття поверхні. Використовуючи даний пристрій виконується контрольна операція перевірки радіального биття для внутрішньої поверхні деталі «Вал» відносно бази рис. 2.4.

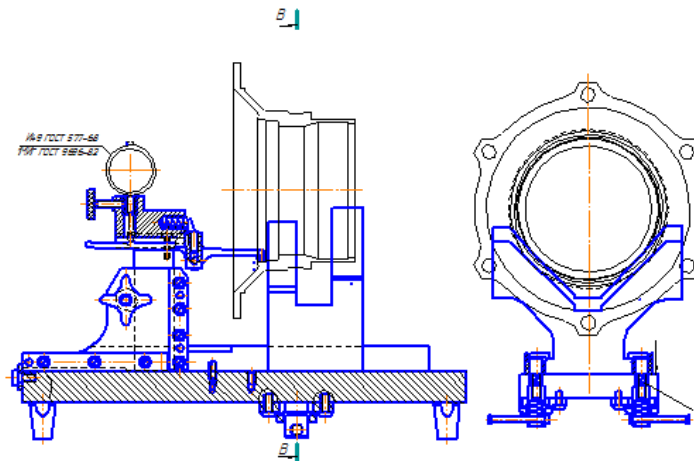


Рисунок 2.4 - Схема контрольного пристосування

Дане пристовування відноситься до групи пристосувань стаціонарного типу, виміри виконуються за допомогою індикаторного годинника.

Принцип роботи пристосування: деталь встановлюється призми: накінецьник зі сферичною голівкою для вимірювання биття встановлюється на поверхню для перевірки. Після чого пр натисканні на цапфу деталь повертається на певний кут для подальшого вимірювання.

2.2.2 Вибір засобу вимірювання

Підбір засобу вимірювання починається з підбору оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійних характеристик, якими має володіти засіб вимірювання.

Допустима похибка вимірювання контрольно-вимірювального пристосування знаходиться по ГОСТ 8.051-81 (СТ СВ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина допуску контролюваного параметра (допуску радіального биття розміру $\varnothing h8 (-0,063)$ відносно бази В на величину 0,02 мм).

Визначаємо допустиму похибку засобом вимірювання (інструментальну похибку) за формулою:

$$|\delta_{\text{вим}}| = k \cdot T_K. \quad (2.13)$$

де k – коефіцієнт, залежить від квалітету або ступеня точності контролюваного параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35. Для нашому випадку приймаємо $k = 0,2$;

T_k - допуск на розмір контрольованої поверхні, вказаний на кресленні деталі і дорівнює 0,025 мм.

$$|\delta_{вим}| = 0,2 \cdot 0,025 = 0,005.$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 (СТ СВ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» [с. 118-120, табл. 4.1] рекомендується прийняти:

$$|\delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму похибку засоби вимірювання (інструментальну похибку):

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot |\delta_{вим}|. \quad (2.14)$$

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot 0,001 = 0,0007 \text{ мм.}$$

Ціна поділки визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ, приймаємо $|\Delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм.}$

Інтервал поділки шкали А беремо 2 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показання ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП і перш за все освітленість.

Межа вимірювання за шкалою А повинна перевищувати допуск, щоб зняття показання не викликало труднощів.

$$|A| = 4 \cdot T_k. \quad (2.15)$$

$$|A| = 4 \cdot 0,025 = 0,1 \text{ мм.}$$

Межа вимірювань кошти (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $|B| = 2 \text{ мм.}$

Вимірювальне зусилля P_{yc} обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на цю величину

відсутня, приймаємо $|P_{yc}| = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля приймаємо $\Delta P_{yc} = 1 \text{ Н}$.

Основним нормованим показником надійності засоби вимірювання є напрацювання до першої відмови. Відповідно до ГОСТ 23642-79 «Надійність у техніці».

Нормуючі показники залежності.

Правила задания в стандартах и конструкторских документах» приймаємо кількість циклів вимірювань, що забезпечують задану кількість контрольних операцій:

$$[t(P)] = 2 \cdot N . \quad (2.16)$$

$$[t(P)] = 2 \cdot 5000 = 10000 .$$

Ймовірністю безвідмовної роботи задамося $|P| = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної галуззю машинобудування.

На підставі виконаних розрахунків по ГОСТ 9696-82 «Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия» вибираємо в якості засобу вимірювання індикаторні годинник моделі 2МИГ-1. Даний прилад зображений на (рис. 2.4). Обраний засіб вимірювання характеризується наступними параметрами:

- похибка вимірювання = 0,001 мм;
- найбільше вимірювальне зусилля = 1,5 Н;
- коливання вимірювального зусилля = 0,5 Н;
- межа вимірювання за шкалою [А] = 0,1 мм;
- межа вимірювання за шкалою [Б] = 0 - 2 мм; - гранична кількість циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи 0,85, $t(P) = 10000$.

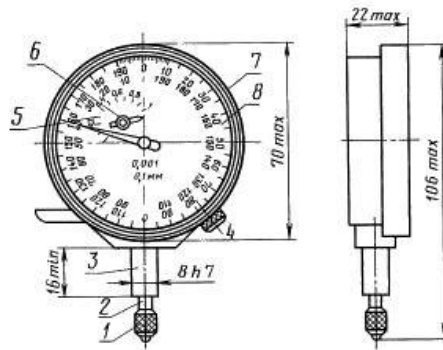


Рисунок 2.5 – Ескіз індикатора багатооборотна моделі 2МИГ-1

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються. Інші ЗВ мають надлишкову точністю з меншою надійністю. Тому для нашого КВП найбільш підходящим вважаємо індикатор багатооборотний моделі 2МИГ (ГОСТ 9696-82, завод-виготовлювач ЛІЗ). Ескіз обраної для важеля зубчастої вимірювальної головки представлений на (рис. 2.5). Габаритні розміри індикатора: $l \times d \times b = 108 \times 42 \times 42$, маса 0,2 кг., Стандарт на перевірку обговорений ГОСТ-ом 9696-82.

Головка індикатора виконана вилитим силуміновим корпусом, в латунних платах розташований вимірювальний механізм, що складається з трьохважельного синусно-кулісного механізму і одноступінчастої зубчастої передачі. Сталевий вимірювальний стрижень, оснащений вимірювальним наконечником, рухається в сталевий направляючої втулці, запресованої в корпусі. Вимірювальне зусилля забезпечується двома пружинами. Для підвищення точності і надійності вимірювань, наконечник вимірювального приладу забезпечений вставкою з твердого сплаву.

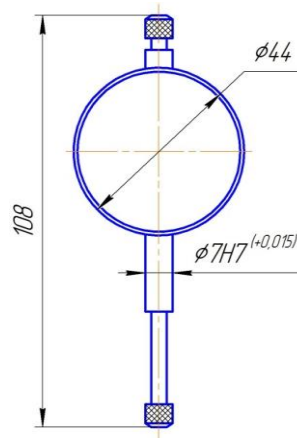


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри індикатора багатообертового моделі 2МИГ-

2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань

Допустима сумарна похибка вимірювань розраховується по формулі:

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2 + \Delta_8^2} . \quad (2.17)$$

де $k = 0,85$ - коефіцієнт відносного розсіювання;

Δ_1 - похибка базування і закріплення, $\Delta_1 = 0$, оскільки співпадають технологічна і вимірювальна бази для вимірюваного параметра;

Δ_2 - частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування;

Δ_3 - частина похибки конструкції пристосування;

Δ_4 - Похибка, яка залежить від ціни поділу індикатора годинникового типу; приймаємо $\Delta_4 = 0,001$,

Δ_5 - похибка настройки пристосування по еталону; так як контролюємо похибку форми, а не допуск на розмір, то еталон не використовується, приймаємо $\Delta_5 = 0$;

Δ_6 - похибка від контактних деформацій;

Δ_7 - похибка від температурних деформацій.

Δ_8 – співвісність центрів, мм.

Частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування розраховується по формулі:

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot a \quad (2.18)$$

де a - відхилення обробленої поверхні щодо бази.

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125 \text{ мм.}$$

Частина похибки конструкції пристосування розраховується по формулі:

$$\Delta_3 = (0,07 \dots 0,1) \cdot a . \quad (2.19)$$

$$\Delta_3 = 0,085 \cdot 0,0125 = 0,01 \text{ мм}$$

Похибка від контактних деформацій розраховується по формулі:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}} . \quad (2.20)$$

де k - коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника для загартованої сталі приймається 0,81;
 r - радіус вершини наконечника, приймається 5 мм;

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{0,5}} = 0,26 \text{ мкм}.$$

Похибка від температурних деформацій Δ_7 розраховується за формулою

$$\Delta_7 = l \cdot \alpha \cdot (t_1^0 - t_2^0). \quad (2.21)$$

де α - коефіцієнт лінійного розширення матеріалів вимірювального об'єкта і вимірювального засобу;

l - довжина щупа, який здійснює контакт важеля з деталлю, приблизно дорівнює 25 мм;

t_1, t_2 - температури відповідно вимірюваного об'єкта і наконечника; приймається $t_1 = 25^\circ, t_2 = 20^\circ$.

$$\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{C^\circ}.$$

$$\Delta_7 = 25 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 20) = 0,0016 \text{ мм}.$$

$$\Delta_8 = 0,005 \text{ мм}.$$

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{0^2 + 0,0125^2 + 0,01^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,00026^2 + 0,0016^2 + 0,005^2} = 0,000145$$

$$\Delta_{\text{вим}} = 0,000145 \leq [\Delta_{\text{вим}}] = 0,0007.$$

Зіставивши фактичну сумарну похибку з допустимою робимо висновок, що умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Автоматизація вибору пристосування для токарної обробки тонкостінної деталі

Обробка тонкостінних заготовок потрібна в різних галузях промисловості, при цьому виникає ряд проблем, пов'язаних з визначенням методів обробки. Зазначені проблеми мають таку суперечність: спосіб виготовлення деталі необхідно вибрати таким чином, щоб, з одного боку, забезпечити її високу якість, а з іншого – мінімізувати собівартість. Рішення такого роду проблем особливо актуально, наприклад, при виробництві виробів аерокосмічної промисловості [8].

У цьому випадку обсяги випуску становлять одиниці виробів, тому варіант обробки з застосуванням додаткової технологічної оснастки може істотно підвищити собівартість деталей. Таким чином, потрібно визначити, чи можливі альтернативні способи обробки [8]. Або використання САЕ-моделювання для вибору та розробки пристосування.

3.1.1 Постановка задачі

В першу чергу нам потрібно оптимізувати та спростити підбір оснастки для обробки тонкостінних деталей, що в свою чергу, призведе до зменшення часу на підготовку виробництва та зменшить витрати на розробку та проектування обладнання. Це призведе до ряду переваг перед класичним вибором оснащення:

- зменшить вартість продукту;
- зменшить час на підготовку технологічного процесу;
- виключить непотрібні витрати на дорогоцінні пристосування;

3.1.2 Методи вирішення

Якщо проаналізувати нашу проблему з точки зору виробництва можна визначити два шляхи її вирішення:

- використання універсальних пристосувань;
- використання САЕ-моделювання.

Використання універсальних пристосувань це гарний варіант який майже підходить для виробництва наших деталей. Але є декілька критеріїв виробництва, які не дозволяють використання цього методу . А саме:

- вірогідна несумісність пристосування і методів обробки (деформації та внутрішні напруження деталі) ;
- можливі надлишкові витрати на пристосування ;

– зменшення вартості вихідного продукту;

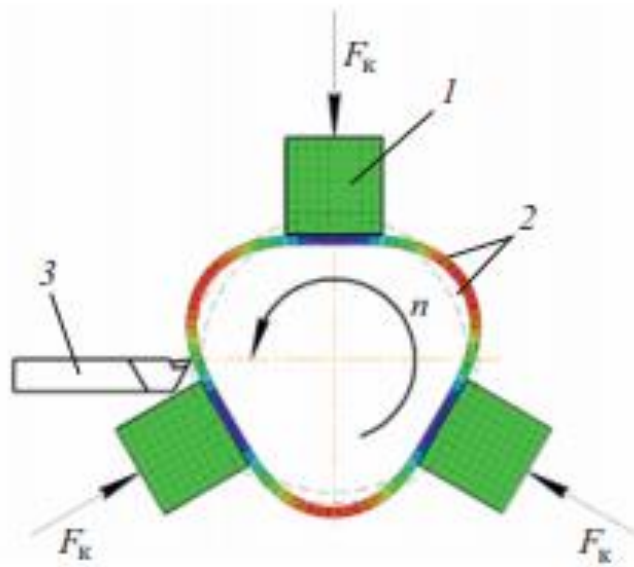
Використання САЕ-моделювання дозволить нам провести дослідження пристосувань на придатність обробки. Що в свою чергу дозволить здійснити аналіз стандартних пристосувань на сумісність з нашою деталлю. Використання цих методів в парі приведе до найбільш продуктивних результатів. Зараз майже на всіх виробництвах використовують САЕ-моделювання для розробки технологічного процесу. Якщо його використати з метою аналізу спеціальних пристосувань ми отримаємо вирішення проблеми та виконання всіх потрібних параметрів а саме:

– відсутність непотрібних витрат на дорогоцінне пристосування;
– аналіз деталі на деформації та напруження підчас обробки та закріплення;

– вибір найбільш оптимального пристосування за параметрами та ціною, яка в свою чергу впливає на ціну вихідного продукту;

– доступність для всіх видів виробництва;

Розглянемо обробку тонкостінної деталі, закріпленої в трьохкулачковому патроні. При неправильному підборі сили затискання ми можемо отримати деформовану деталь з внутрішніми напруженнями та деформованою поверхнею. Приклад зображено на рис. 3.1.



1 – кулачок патрона; 2 – циліндрична заготовка; 3 – різець

Рисунок 3.1 – Схема навантаженості тонкостінної деталі при токарній обробці

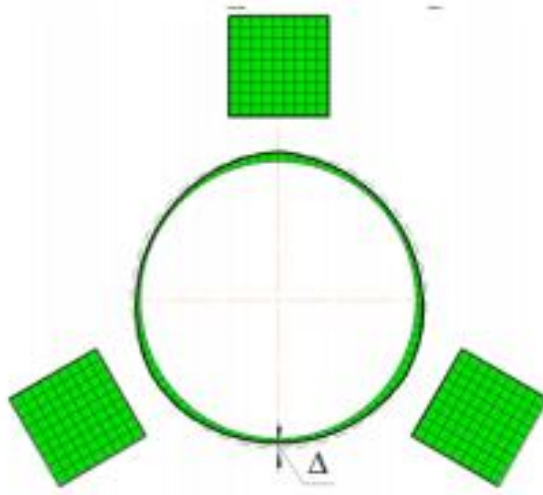


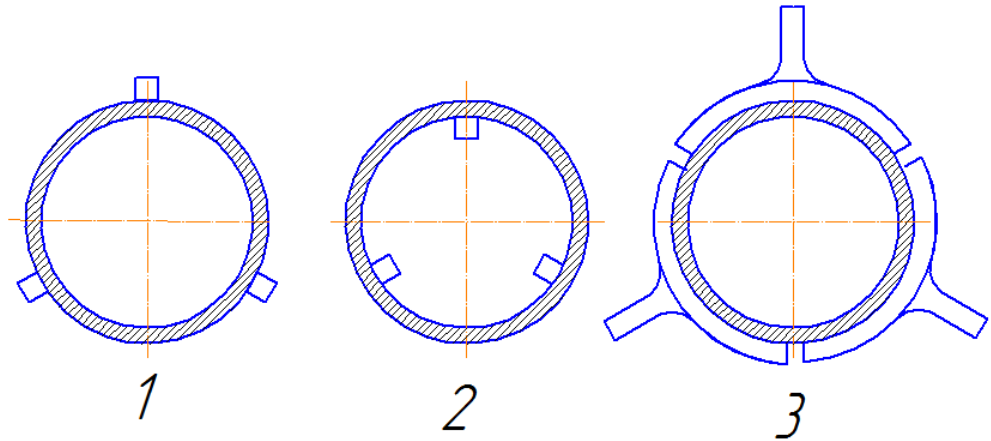
Рисунок 3.2 – Результат обробки тонкостінної деталі

Для уникнення подібних випадків ми можемо провести симуляцію затискання та обробки і проаналізувати наслідки, використовуючи програму Siemens NX. Це в першу чергу надасть нам уявлення про наслідки можливої деформації, після чого, проаналізувавши їх, ми можемо зробити висновки про придатність пристосування. Більш того, для якісного підбору треба проаналізувати декілька пристосувань і вибрати найбільш вигідне для наших умов.

Даний метод дозволяє автоматизувати якісний підбір пристосувань для механічної обробки. Його переваги перед класичними методом підбору:

- зменшення вартості вихідного продукту;
- зменшення витрат на виробництво;
- висока швидкість аналізу;
- оптимізація робочого процесу;
- висока швидкість отримання кінцевого продукту;
- можливість використання для всіх видів деталей та пристосувань;
- зменшення вартості вихідного продукту;

Проведемо дослідження впливу варіанту затискання тонкостінної деталі в трьохкулачковому патроні. Порівняємо три варіанти закріплення зовнішніми, внутрішніми та фасонними кулачками. На рис. 3.3 показано схеми установки трьох варіантів установки.



1 –зовнішні; 2 – внутрішні; 3 – фасонні

Рисунок 3.3 – Схеми установки деталі

Далі, на рис. 3.4 – 3.6 показано отримані результати.

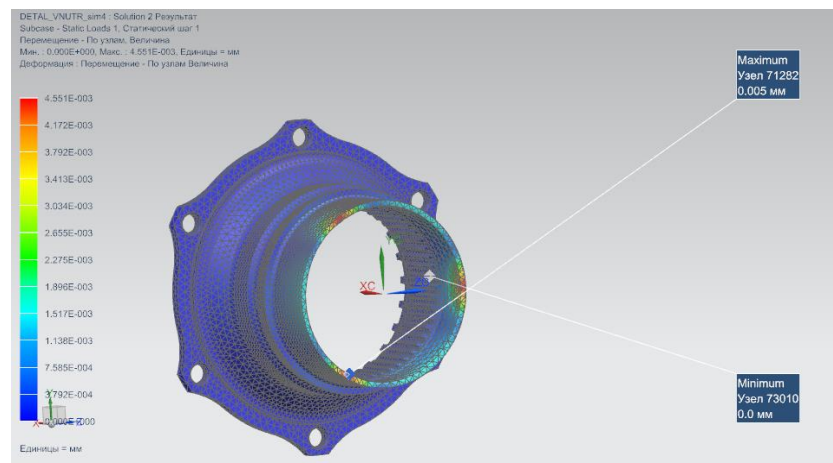


Рисунок 3.4 – Демонстрація переміщень звичайними кулачками при зовнішньому затисканні

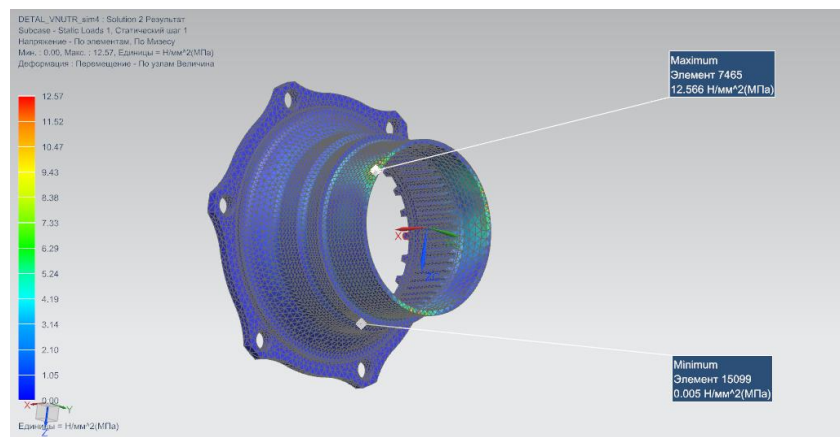


Рисунок 3.5 – Демонстрація напружень звичайними кулачками при зовнішньому затисканні

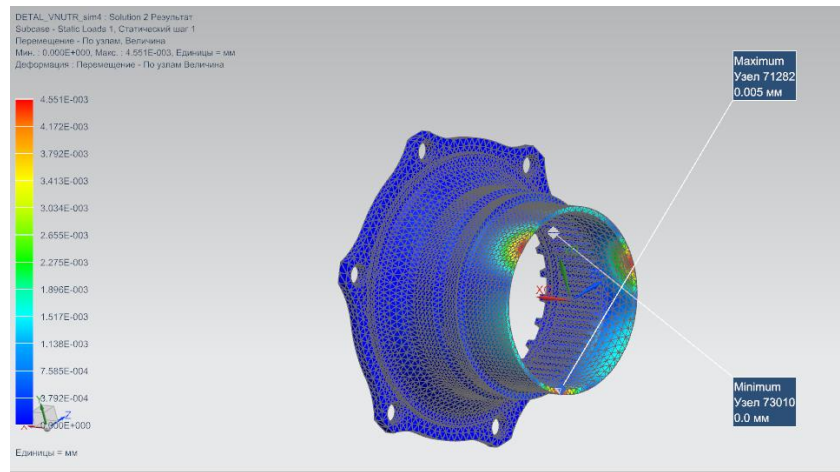


Рисунок 3.6 – Демонстрація переміщень звичайними кулачками при внутрішньому затисканні

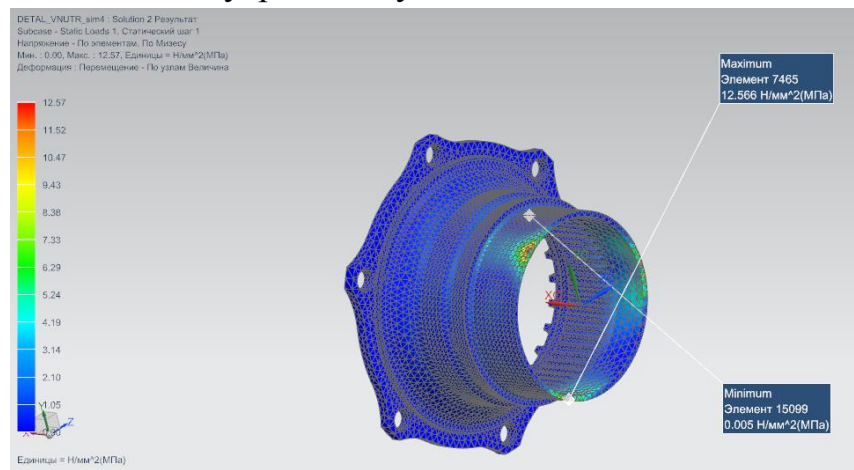


Рисунок 3.7 – Демонстрація напружень звичайними кулачками при внутрішньому затисканні

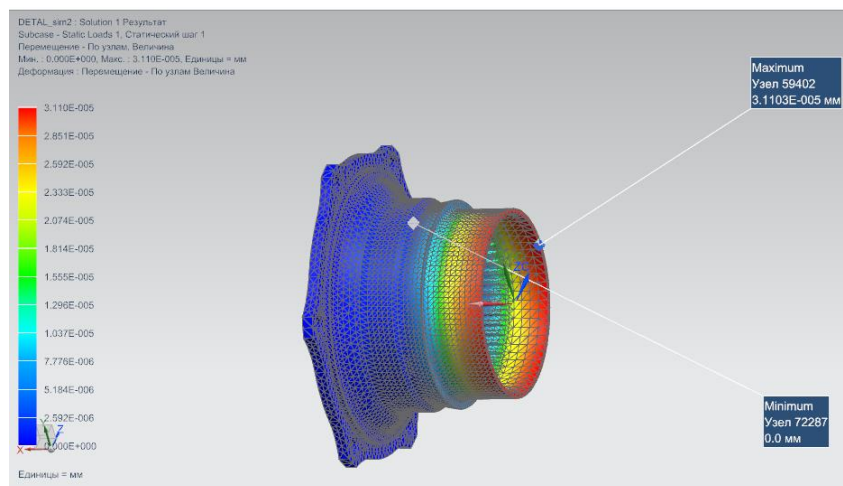


Рисунок 3.8 – Демонстрація переміщень звичайними кулачками при внутрішньому затисканні

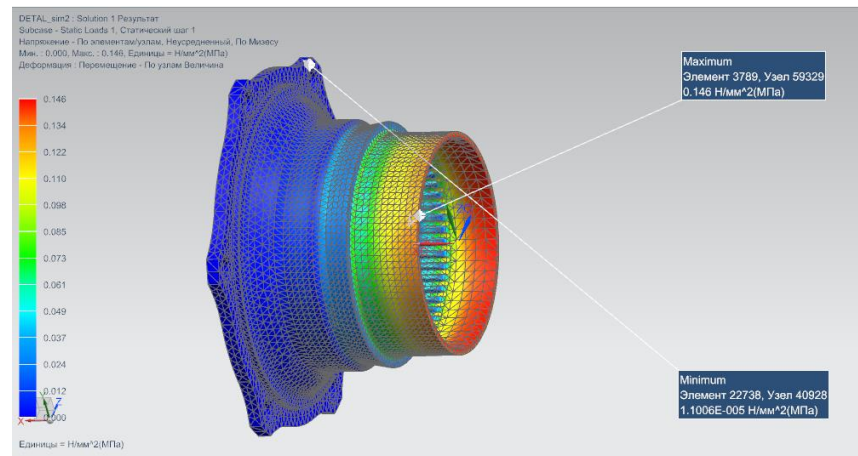


Рисунок 3.9 – Демонстрація напружень звичайними кулачками при внутрішньому затисканні

За цими результатами ми можемо проаналізувати пристосування та передбачити як буде себе поводити деталь при затисканні в реальному часі.

Виконані розрахунки показали, що при затискання деталі в трьохкулачковому патроні трьома видами кулачків, найкращі показники точності і якості мають фасонні кулачки з повною площею контакту на поверхні деталі. Завдяки САЕ-моделюванню ми автоматизували процес підбору пристосування. Тому, маючи електронну базу моделей всіх пристосувань, які знаходяться на виробництві, можливо виконати підбір найоптимальнішого варіанту за мінімальну кількість часу.

В розділі 4 буде наведено розрахунки та результати виконані по даній методиці для деталі «Вал».

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено деформованого стану деталі

В розрахунку на міцність ми проведемо детальне визначення затискання деталі в трьохкулачковому патроні. Об'єктом нашого дослідження є затискання деталі в трьохкулачковому патроні з трьома видами накладок :

- звичайні (з затисканням по зовнішній поверхні);
- звичайні (з затисканням по внутрішній поверхні);
- фасонні (з затисканням по зовнішній поверхні);

Метою дослідження є виявлення найпридатнішого методу закріплення деталі при токарній обробці з найменшою деформацією та внутрішніми напруженнями.

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах напружень

Ми провели аналіз трьох варіантів закріплення деталі в трьохкулачковому патроні, дані з яких занесли в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунків

№	Варіант закріплення	Сила затискання на одному кулачку, Нм	Переміщення MAX, δ , мм	Напруження, σ , Нм ²
1	Звичайне (зовнішні)	50	0,005	5,915
2		100	0,006	11,831
3		150	0,009	17,746
4		200	0,012	23,622
5		250	0,015	25,577
6	Звичайне (внутрішні)	50	0,005	12,566
7		100	0,01	25,660
8		150	0,016	38,490
9		200	0,021	51,320
10		250	0,026	64,150
11	Фасонне (зовнішні)	50	0	0,146
12		100	0,0002	0,841
13		150	0,0003	1,261
14		200	0,0004	1,681
15		250	0,0005	2,101

Для кращого аналізу отриманих даних побудуємо графіки залежності, рис. 4.1 – 4.8.

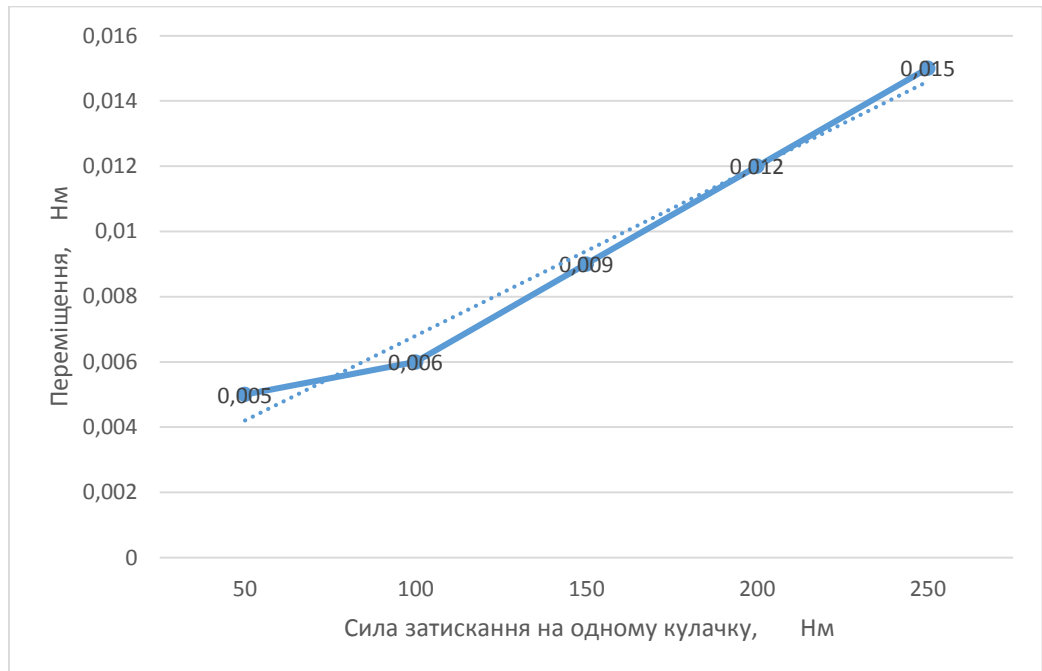


Рисунок 4.1 – Графік залежності переміщення від сили затискання в трьохкулачковому патроні з зовнішніми кулачками

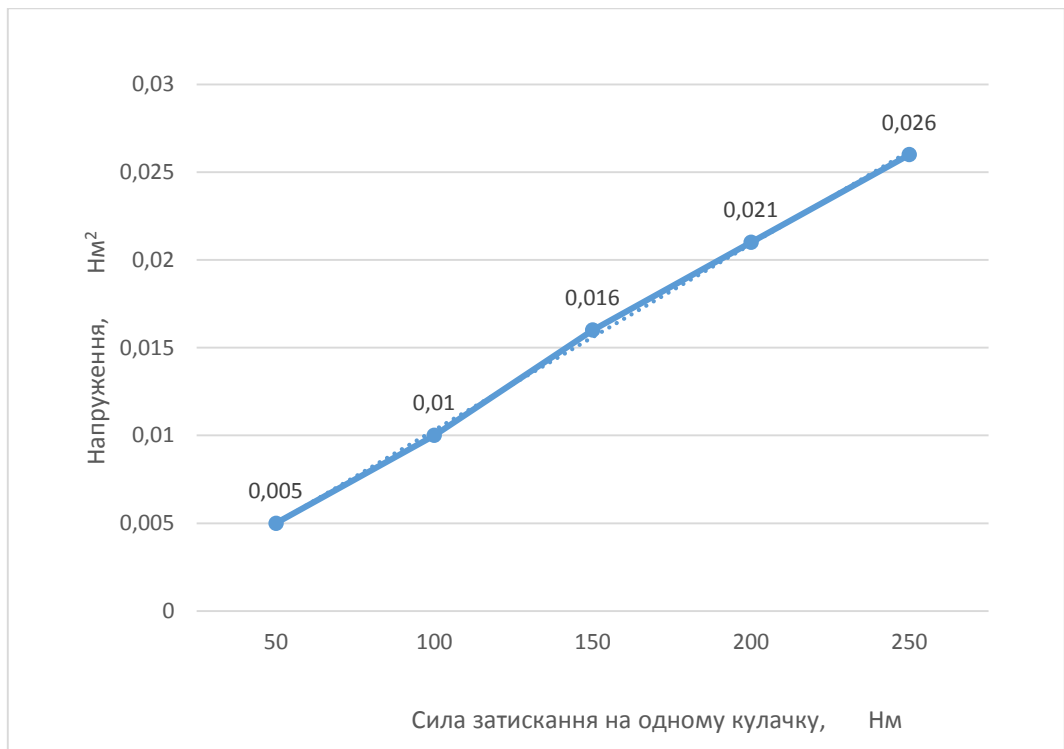


Рисунок 4.2 – Графік залежності напруження від сили затискання в трьохкулачковому патроні з зовнішніми кулачками

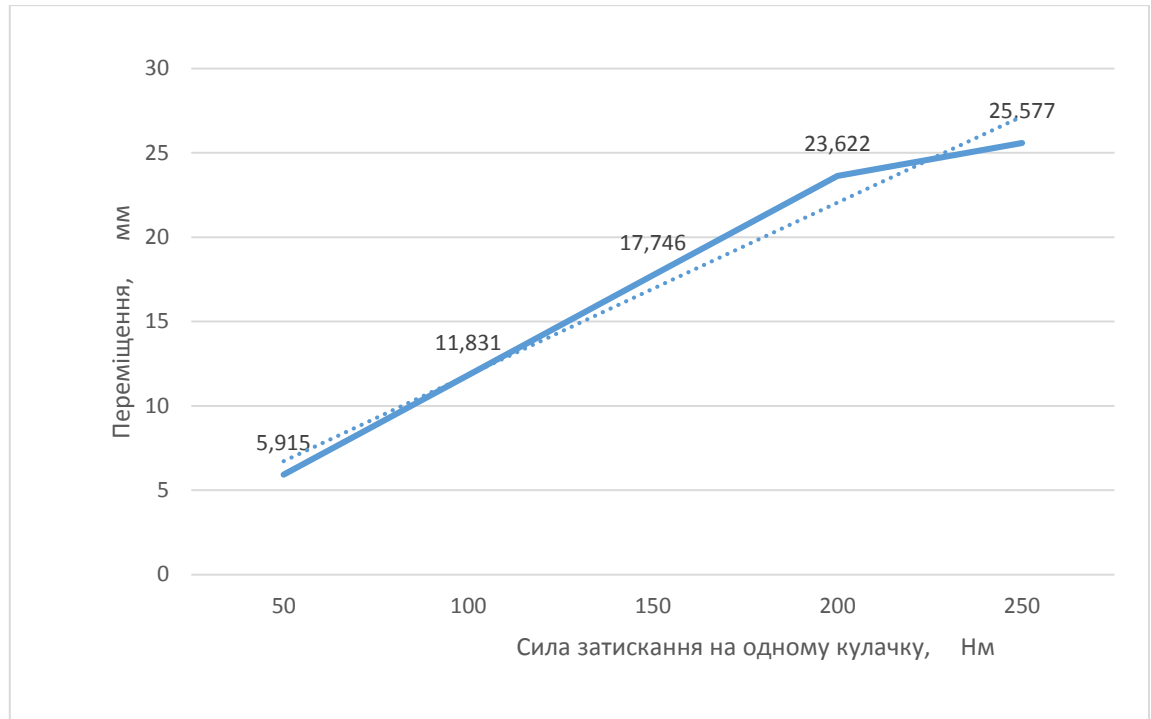


Рисунок 4.3 – Графік залежності переміщення від сили затискання в трьохкулачковому патроні з внутрішніми кулачками

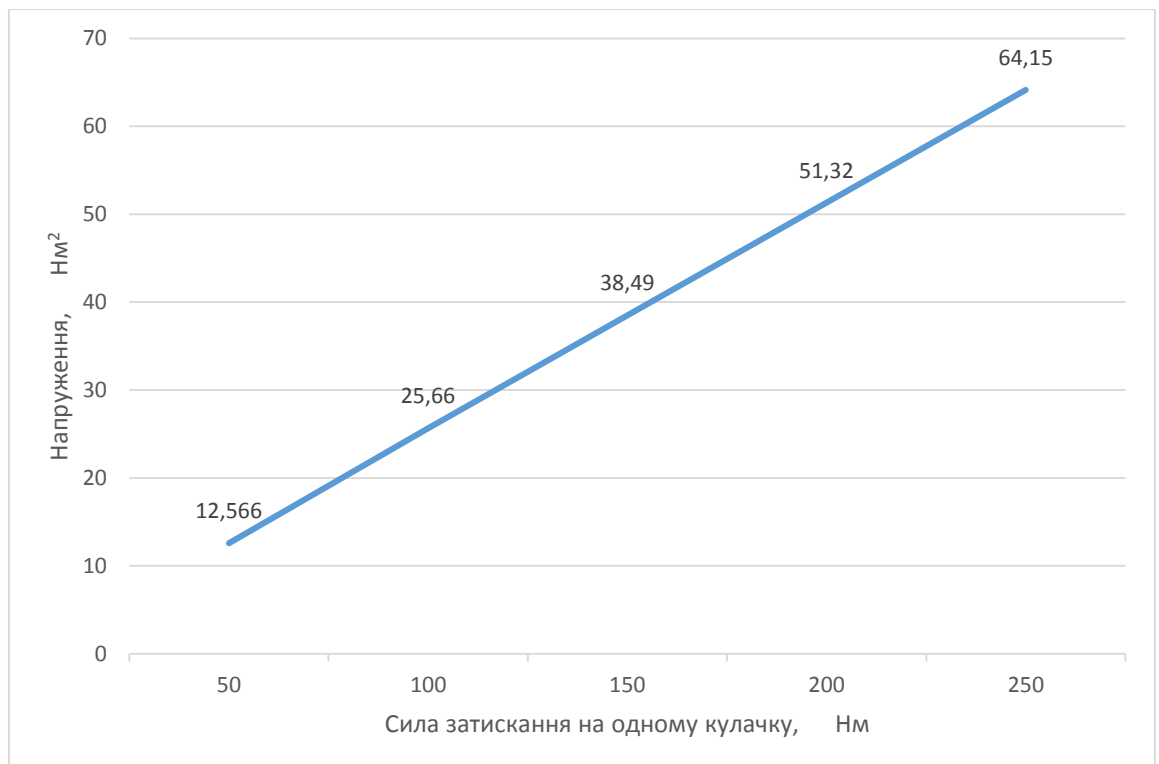


Рисунок 4.4 – Графік залежності напруження від сили затискання в трьох кулачковому патроні з внутрішніми кулачками

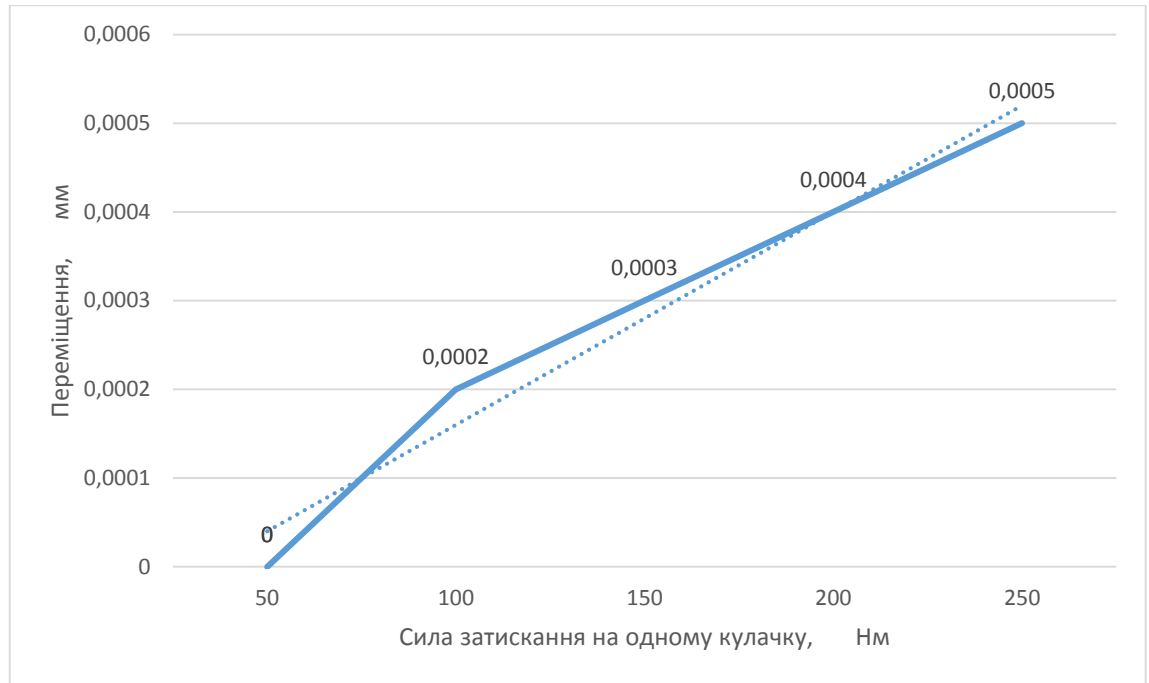


Рисунок 4.5 – Графік залежності переміщення від сили затискання в трьох кулачковому патроні з фасонними кулачками

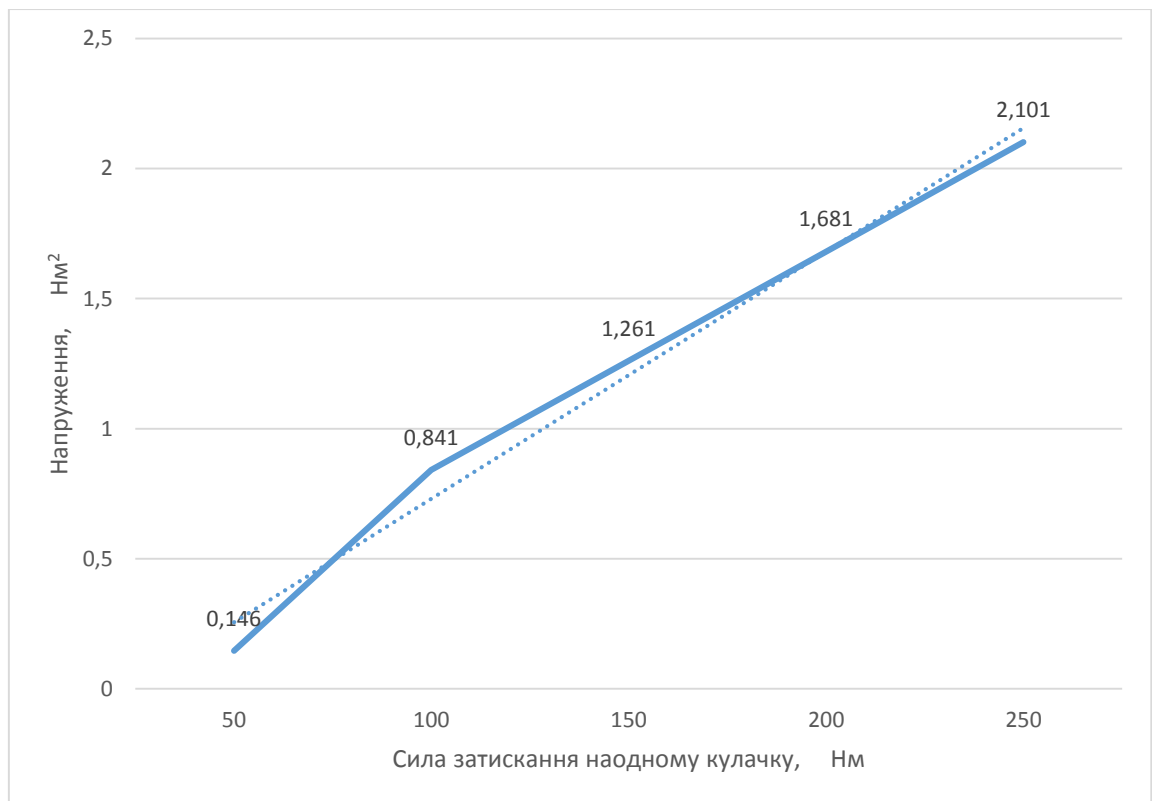


Рисунок 4.6 – Графік залежності напруження від сили затискання в трьох кулачковому патроні з фасонними кулачками

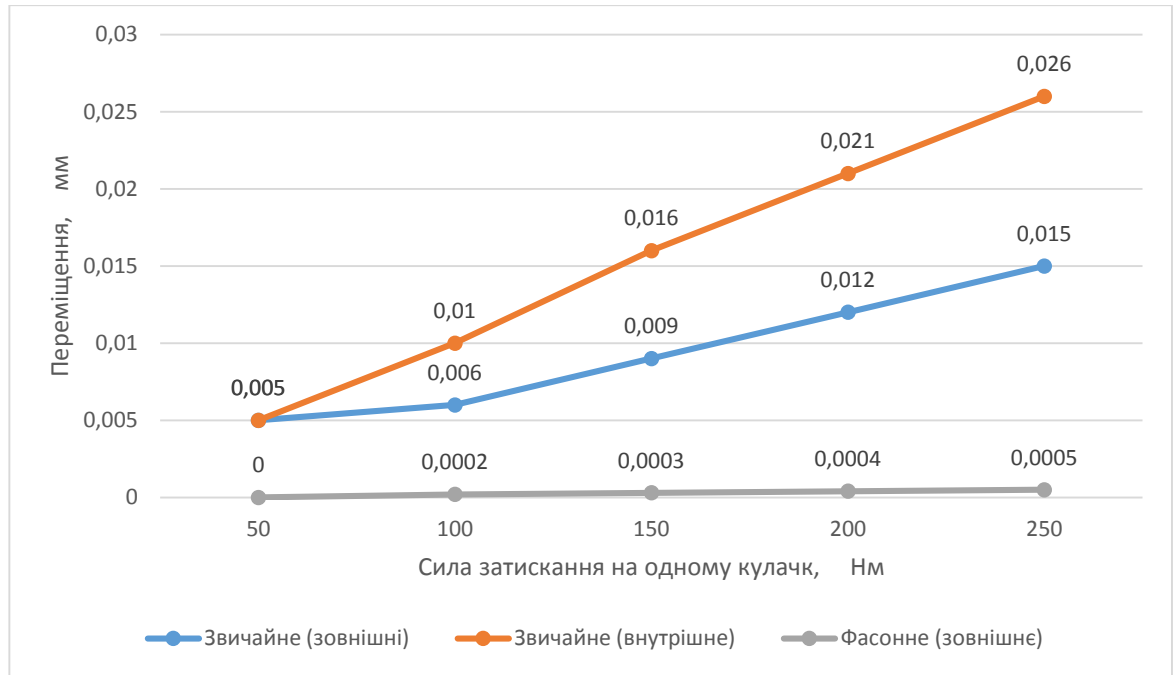


Рисунок 4.7 – Порівняльний графік залежності переміщення від сили затискування в трьох кулачковому патроні

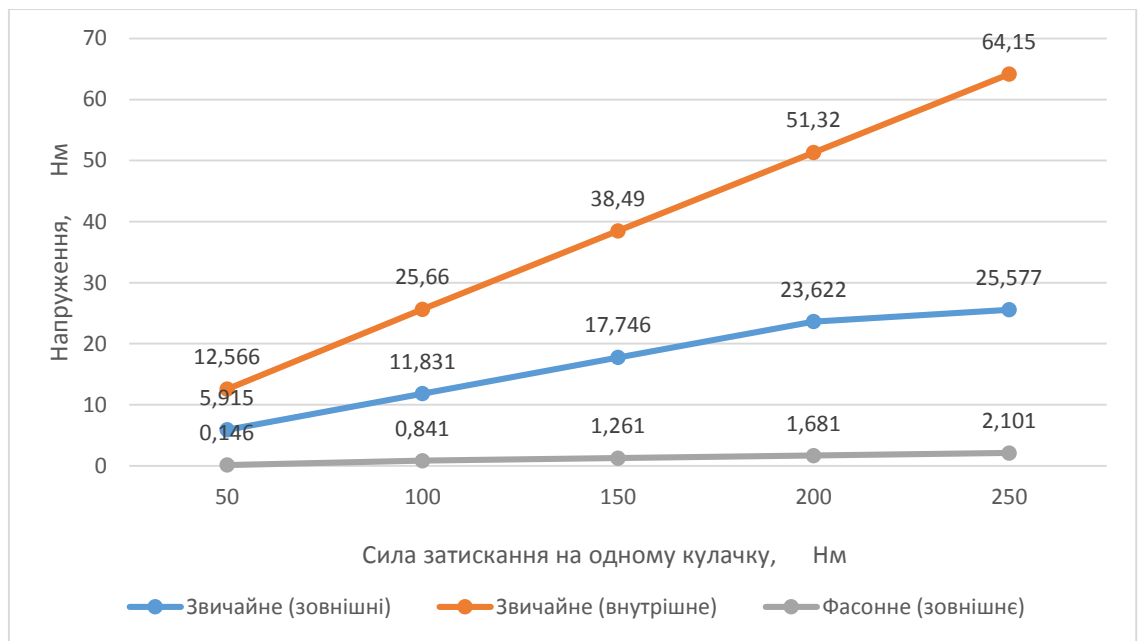


Рисунок 4.8 – Порівняльний графік залежності напруження від сили затискування в трьох кулачковому патроні

Проаналізувавши отримані результати можна зробити висновок, що використання фасонного типу кулачків надає можливість уникнути негативних деформацій та пошкоджень ТД під час закріплення. Це виключає похибки закріплення деталі що в свою чергу, підвищує точність обробки.

Такий вид закріплення рекомендовано до використання в ТП обробки деталі «Вал».

5. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

5.1 Технологічні методи забезпечення точності при виготовленні тонкостінної деталі на металорізальному верстаті

5.1.1 Методики обробки тонкостінних деталей

Тонкостінна деталь (ТД), як правило, характеризується зниженою механічною жорсткістю. В наслідок чого механічна обробка ТД супроводжується високим ризиком виникнення браку від недопустимо великих технологічних деформацій деталі під дією сил різання і закріплення. Через це при механічній обробці таких деталей зазвичай використовують спеціальні верстатні пристосування, які в парі «деталь – спеціальне пристосування», збільшують жорсткість ТсД до величин, порівняних з жорсткістю монолітних виробів.

Технологія обробки ТД в системі «деталь – спеціальне пристосування» має важливу перевагу. При такому переході, для виготовлення ТД можна використовувати нормативні режими обробки, перевірені досвідом їх практичного використання і добре освоєні в машинобудівному виробництві. Однак використання спеціальних пристосувань неминуче призводить до суттєвих додаткових витрат часу і коштів на індивідуальну розробку і виготовлення такої технологічної оснастки [8].

Паралельно із застосуванням спеціальних пристосувань, вивчається можливість обробки ТД в стандартних пристосуваннях [9].

Це значно знизить витрати на виробництво деталі і вузла в цілому, а також скоротить час на підготовку виробництва. Витрати часу та коштів на проектування і виробництво пристосувань значно нижче, ніж розробка спеціальних пристосувань.

Тонкостінні деталі отримали широке використання в ряді галузей машинобудування, особливу роль вони грають в авіаційному машинобудуванні. При цьому якщо в інших галузях використання тонкостінних конструкцій при проектуванні виробів мотивовано зниженням металоємності, то при проектуванні авіаційних двигунів ця тенденція спричинена, в першу чергу, зниженням загальної маси для покращення експлуатаційних характеристик двигуна. Виготовлення деталей авіаційних двигунів має ряд особливостей, які відрізняються від інших сфер машинобудівної галузі. Одна з таких особливостей — високі вимоги до точності та якості оброблюваних поверхонь. Досягненню заданих вимог точності завжди виявляється складною виробничою і технологічною задачею [10].

В даному випадку при виготовленні деталі неможливо зробити деталь більш жорсткою за рахунок конструктивних рішень, через це ми змушені використовувати пристосування, які підвищують жорсткість і точність обробки деталі. Окрім того пристосування повинно забезпечувати стабільність обробки деталі і гарантію виникнення інших похибок в наслідок сил різання.

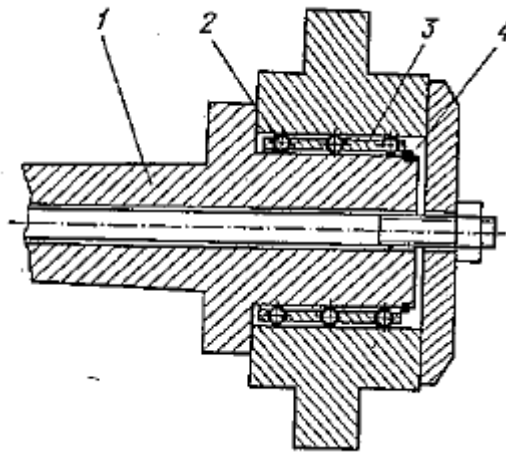
Для того, щоб не допустити похибок під час обробки ТД, потрібно застосовувати пристосування, які підвищують жорсткість деталі, точність і надійність закріплення в верстаті. Якщо розглянути всі ці пристосування, то їх можна розділити на дві групи:

- 1 – Підвищують жорсткість деталі;
- 2 – Підвищують точність, якість установки і затиску.

До першої групи можна віднести:

Безззорна оправка.

Призначена для чистової обробки деталей з мінімальними допусками на биття. Між посадочними поверхнями деталі і оправлення 2 в спеціальному сепараторі 3, який утримується на оправці 1 кільцем 4. Кульки розташовані в гніздах сепаратора в два ряди в шаховому порядку з великим гарантованим натягом (0,02) в системі оправка- кулька- деталь, в результаті чого забезпечується високоточне центрування [11], рис. 5.1.



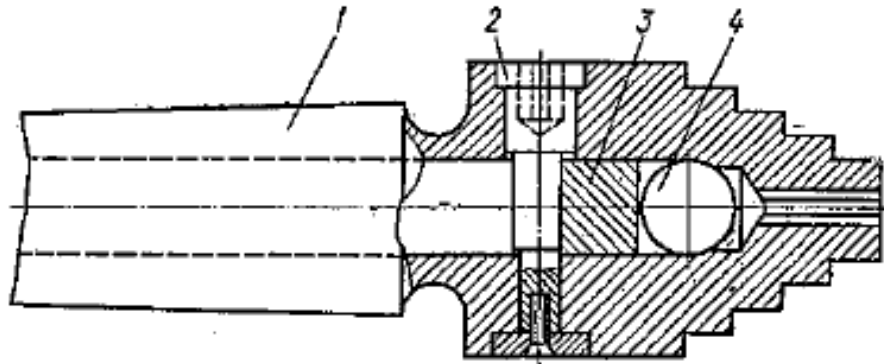
1 – оправка; 2 – оправлення; 3 – сепаратор; 4 – кільце

Рисунок. 5.1 – Безззорна оправка

Багатоступенева оправка.

Призначена для обробки деталей типу кілець і втулок. Часто в умовах дрібносерійного виробництва доводиться застосовувати велику кількість оправок різних розмірів для обробки кілець. В таких умовах доцільно використання багатоступневих оправок. Оправлення складається з корпусу 1,

закріпленого в шпинделі верстата, ексцентрикового валика 2, штока 3, кульки 4. При повороті валика 2 шток 3 переміщається вправо і штовхає кульку 4, яка розжимає пружинну розрізну частину корпусу 1 [11] рис. 5.2.



1 – корпус; 2 – ексцентриковий вал; 3 – шток; 4 – кулька

Рисунок 5.2- Багатоступенева оправка

Кільце.

Застосовують різні види кілець для додання жорсткості деталі чи елемента деталі, а також для запобігання деформації поверхні інструментом під час різання. Пристрій складається з кільця, яке на легку пресову посадку по внутрішній або зовнішній поверхні встановлюється на деталь. Простота, універсальність, низька ціна відмінно підходять для виробництва з невеликою кількістю або широкою номенклатурою виробів.

Залиття деталі сечовиною.

Даний метод простий у використанні і забезпечує гідну якість обробки. Суть даного методу в тому, щоб обмежити деталь від зміщення та деформацій. Розчин легко заповнює форму з деталлю, а після отвердіння легко видаляється разом з матеріалом, забезпечуючи при цьому жорсткість деталі.

Деталь встановлюється на планшайбу, центрується та закріплюється, а після успішної установки деталь заливають сечовиною або іншим схожим за складом розчином на спеціально відведеній ділянці. Після застигання деталь можна обробляти, по закінченню обробки деталь потрібно відмити від розчину. Цей метод має декілька мінусів:

- тудомісткість;
- деякі деталі потрібно заливати по кілька разів для обробки;
- необхідність в спеціалізованих ділянках по заливці і мийці деталей, розміщених в цеху;

До другої групи можна віднести.

Спеціальні накладки на кулачки для токарних патронів.

Універсальні спірально-рейкові і гвинтові патрони дозволяють обробляти деталі – тіла обертання – в великому діапазоні діаметрів, оскільки шляхом обертанням спіралі або гвинтів, кулачки можна легко переміщати і встановлювати на зовнішній розмір заготовки.

У інших патронів хід кулачків невеликий (від 3 до 12мм), тому при переході від обробки однієї партії деталей до іншої накладні кулачки (губки) доводиться переставляти або змінювати. Встановлювати спеціальні накладні кулачки доводиться і в універсальних патронах в разі обробки тонкостінних деталей або деталей складної форми.

На рис. 5.3, а – показана форма поверхонь сполучення накладного 1 і основного 2 кулачків, які стягуються після перестановки гвинтами 3 через Т-образний сухарь 4.

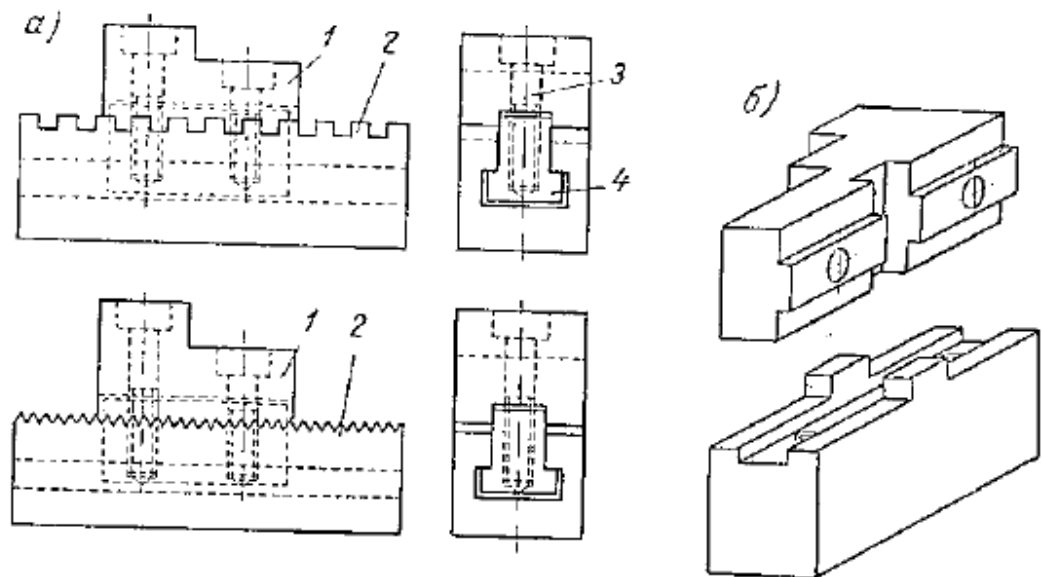


Рисунок 5.3 – Різновиди сполучень накладних (змінних) кулачків з основними.

Змінні накладні кулачки (рис. 5.3, б) можуть з'єднуватися з основними шпонковими виступами і пазами. Форма губок кулачків залежить від форми оброблюваних деталей і може бути найрізноманітніших форм (Рис. 5.4).

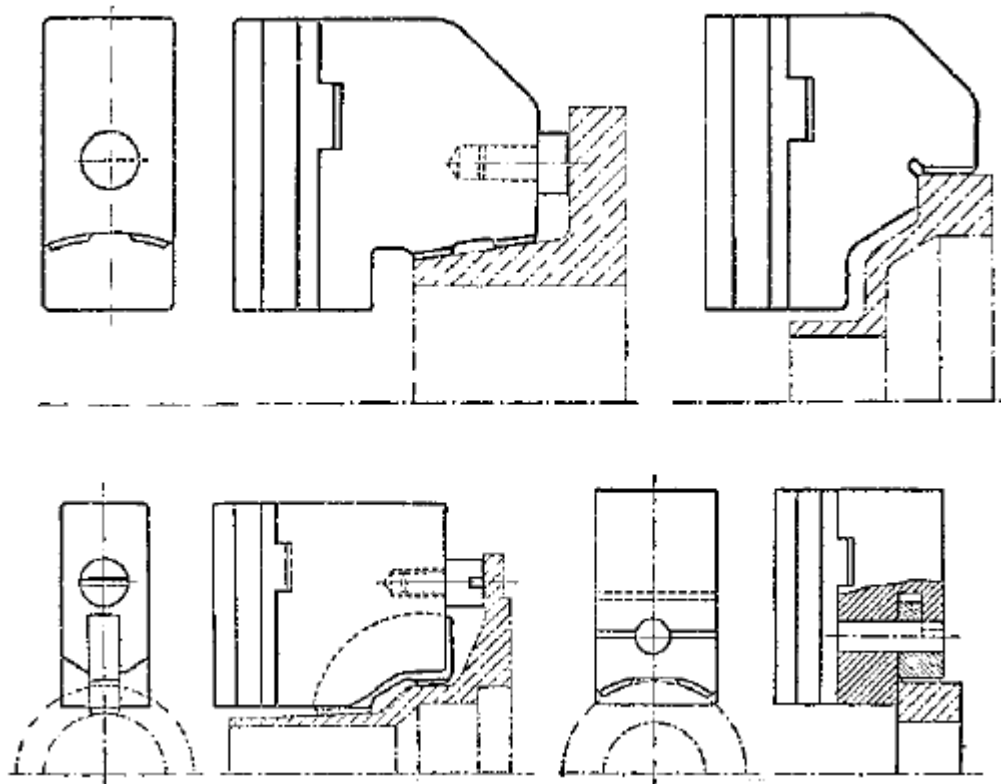


Рисунок 5.4. – Приклади накладок на трьохкулачкові патрони.

При закріпленні тонкостінних і точних виробів в кулачках сили затиску викликають деформацію і призводять до неточності обробки. Для цього доводиться виготовляти спеціальні патрони і оправлення. Однак в ряді випадків, особливо при виготовленні одиничних деталей або невеликих партій, можна обмежитися застосуванням накладок на кулачкові патрони.

На рис. 5.5 представлені варіанти налагоджень для закріплення тонкостінних деталей. У конструкції рис. 5.5, а. кільце центрується кулачками 1 і затискається трьома прихватами 2, розташованими на кулачках. При розкріпленні, прихвати відходять під дією пружин. Після цього їх повертають в напрямку, показаному стрілками, і знімають деталь.

У конструкції, зображеній на рис. 5.5 б, в пазах кулачків передбачені коливальні губки 3, посаджені на осях 4, встановлені і центровані та затиснені губками за допомогою гвинтів 5. В іншій конструкції (рис. 5.5 в) кулачки охоплюють деталь майже по всьому колу. Кулачки розточуються відповідно до найбільшого діаметру деталі [12].

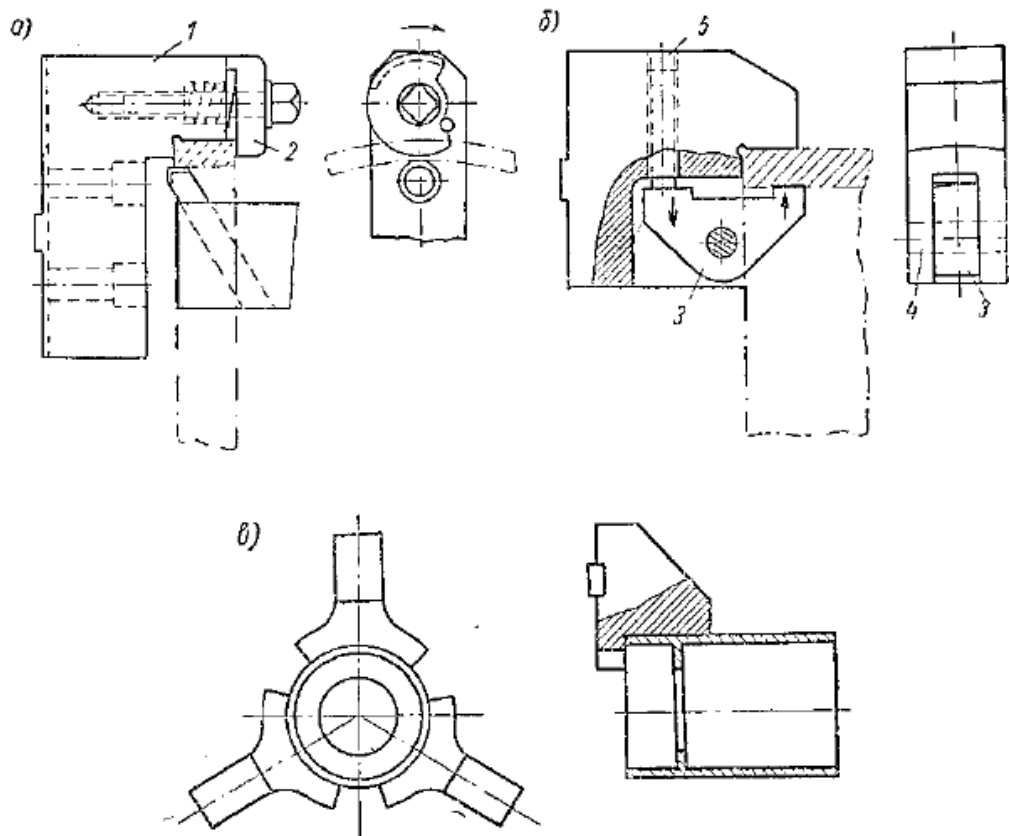
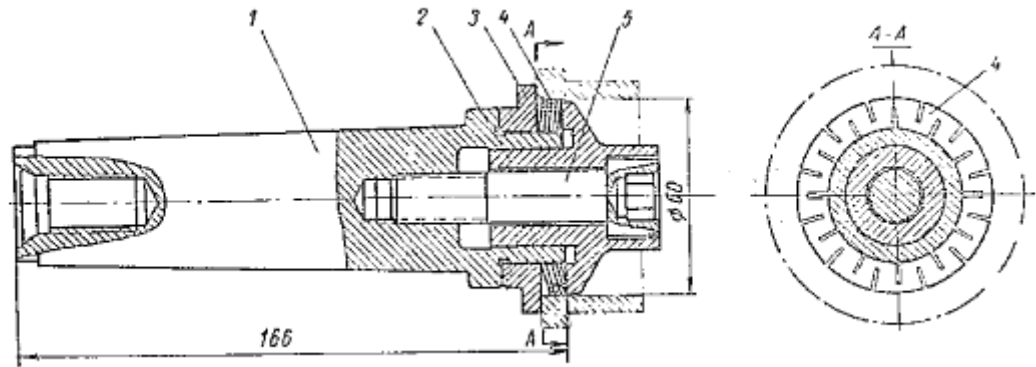


Рисунок 5.5 – Накладки для обробки тонкостінних деталей

оправлення та патрони з тарілчастими пружинами.

В останні роки тарілчасті пружини застосовуються в пристроях різного роду і в першу чергу в оправленнях і патронах як елементи центрування і затиску оброблюваних деталей. На відміну від стандартних, що застосовуються в пристроях тарілчасті пружини виготовляються товщиною $S = 0,5 \dots 1,25$ мм і мають два ряди (зовнішній і внутрішній) прорізів, що підвищує еластичність пружин і зменшуються потрібні осьові сили затиску.

На рис. 5.6 зображене консольне оправлення з тарілчастими пружинами. Оправлення складається з корпусу 1, кільця 3, пакета пружин 4, натискної втулки 2 і гвинта 5 з внутрішнім шестигранним отвором під ключ [12].

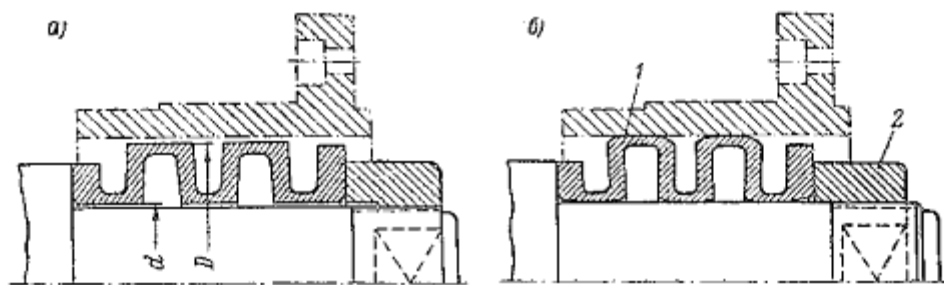


1 – корпус, 2 – натискна втулка, 3 – кільце, 4 – пакет пружин, 5 – гвинт

Рисунок 5.6 – Консольне оправлення з тарілчастими пружинами.

Оправлення з гофрованими центруючими втулками.

На рис. 5.7, показана схема оправлення з гофрованою втулкою у вільному стані (а) і після затиску (б). При стисненні втулки 1 гайкою 2 в осьовому напрямку відбувається деформація її зовнішніх і внутрішніх поверхонь (зовнішній діаметр D збільшується, а внутрішній d зменшується). При цьому забезпечується точне центрування виробу. Зміни розмірів при затиску повинні бути в межах пружності, інакше неминуче виникнення залишкових деформацій [12].



а – втулка у вільному стані, б – після затиску

Рисунок 5.7 – Схема оправлення з гофрованої центруючою втулкою

На рис. 5.8 показана конструкція рамки 1 з двома гофрованими елементами 2 і 3, стисненні тягою 5, пов'язаної з пневмоприводом. Для точної установки оброблюваної деталі уздовж осі передбачений упор 4 [12].

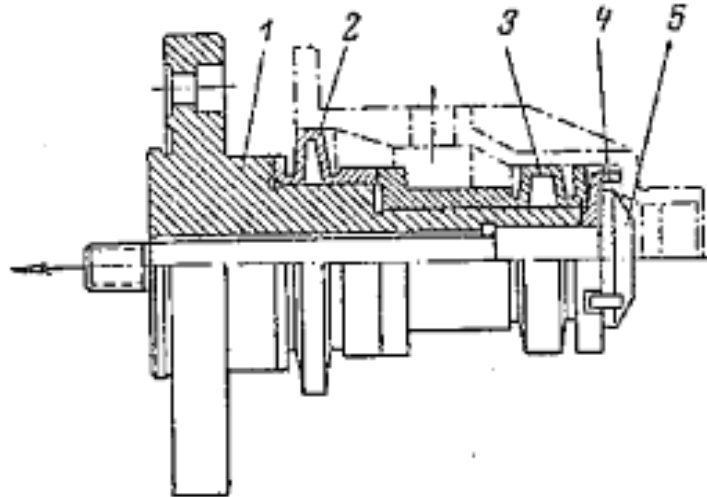


Рисунок 5.8 – Конструкція оправлення з двома гофрування елементами.

5.1.2 Альтернативний метод вирішення проблеми обробки тонкостінних деталей

Альтернативним методом вирішенні проблеми обробки тонкостінних деталей, є САЕ-модельовання за допомогою програми Siemens NX, а саме розрахунок пристосувань та прогнозування обробки тонкостінних деталей. Більш детально це пристосування ми розглянули у розділах 3 та 4, і прийшли до висновку, що даний метод дозволяє найбільш економічно вигідно підібрати пристосування, яке в свою чергу, відповідає всім критеріям обробки тонкостінних деталей. Також даний метод дозволяє автоматизувати підбір пристосувань, що теж позитивно відображається на економічному аспекті даної проблеми.

Особливістю даного методу є те що ми отримуємо цифрове зображення об'єкту нашого дослідження, що дозволяє не лише оцінити наслідки наших розрахунків за допомогою даних, а також візуально їх побачити. Суть даного методу полягає в тому, що маючи математичну модель пристосування та деталі можливо навіть за допомогою базових навичок користування програмою можна використати розрахунки.

Зазначений підхід дозволяє виробити методику призначення раціональних параметрів технологічного процесу в рамках єдиного інформаційного простору.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Для розрахунку економічної частини запропоновано виконати порівняння з двох варіантів токарних операцій: 1 – токарна обробка на верстаті 1М63Б та 2 – токарна обробка на токарному верстаті STL-200НР. Вибираємо найбільш ефективний з точки зору собівартості[13]. Ескіз обробки показано на рис. 6.1.

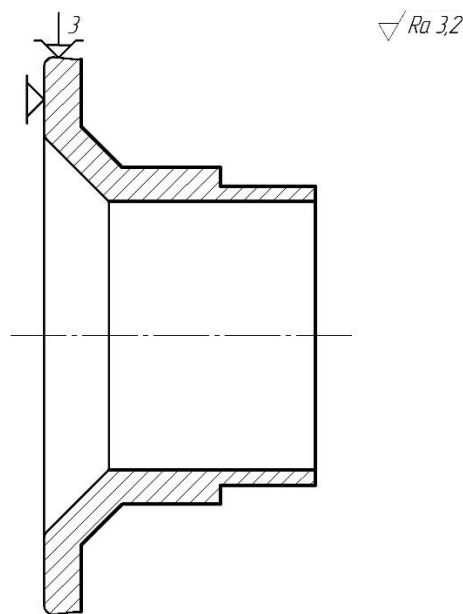


Рисунок 6.1 - Ескіз токарної обробки

Визначаємо такт випуску за формулою, хв:

$$\tau = \frac{F_a \cdot 60}{N}. \quad (6.1)$$

де F_a – дійсний річний фонд роботи обладнання, год [13, с. 92].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.1)

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{1500} = 160,6 \text{ хв.}$$

Розраховуємо кількість верстатів для токарної обробки (1) та токарної обробки ЧПК (2) за формулою, шт:

$$n_p = \frac{t_{um-k}}{\tau}. \quad (6.2)$$

де $t_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час операції, хв.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.2):

$$n_{\rho 1} = \frac{7,14}{160,6} = 0,044 \text{ шт.}$$

$$n_{\rho 2} = \frac{4,19}{160,6} = 0,026 \text{ шт.}$$

Розраховуємо заробітну плату робочих за формулою, коп/хв.:

$$Z_p = Z_T \cdot K_n. \quad (6.3)$$

де Z_m – тарифна хвилинна заробітна плата робочого (прийнятого у проекті розряду) з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві. [13, т. 2.18, с. 94];

K_n – коефіцієнт перевиконання норми [13, с. 93].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.3)

$$Z_{p1} = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ коп/хв.}$$

$$Z_{p2} = 0,912 \cdot 1,2 = 1,09 \text{ коп/хв.}$$

Розраховуємо заробітну плату наладчиків за формулою, коп/хв.:

$$Z_n = Z_T \cdot K_n. \quad (6.4)$$

де Z_m – тарифна хвилинна заробітна плата наладчика з урахуванням нарахувань, діючих на базовому підприємстві. [13, т. 2.18, с. 94];

K_n – коефіцієнт перевиконання норми [13, с. 93].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.4):

$$Z_{n1} = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ коп/хв.}$$

$$Z_{n2} = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ коп/хв.}$$

Розрахуємо норму витрат на електроенергію за формулою, коп/год:

$$E = \frac{N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C_e}{60} . \quad (6.5)$$

де N – потужність верстата, кВт

K_1 – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів за потужністю [34, т. 2.19, с. 94];

K_2 – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів за часом [34, т. 2.19, с. 94];

C_e – вартість 1 кВт/год електроенергії у діючий час, коп.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.5):

$$E_1 = \frac{15 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 224}{60} = 16,8 \text{ коп/год.}$$

$$E_2 = \frac{16 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 224}{60} = 33,45 \text{ коп/год.}$$

Розрахуємо витрати на амортизацію обладнання за формулою, коп:

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_o \cdot 60} . \quad (6.7)$$

де A_r – нарахування на амортизацію за рік, коп.

Розрахуємо нарахування на амортизацію за рік за формулою, коп:

$$A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15Ц}{100} . \quad (6.8)$$

де α_1 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [13, с. 92]

$Ц$ – ціна обладнання, грн

Виконуємо розрахунки за формулою (6.8):

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 135000}{100} = 23287,5 \text{ коп.}$$

$$A_{r2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 137500}{100} = 23718,75 \text{ коп.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.7):

$$A_1 = \frac{23287,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 9,67 \text{ коп.}$$

$$A_2 = \frac{23718,75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 9,84 \text{ коп.}$$

Розрахуємо витрати на обслуговування обладнання за формулою, коп:

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_o \cdot 60} \quad (6.9)$$

де O_r – нарахування на обслуговування за рік, коп.

Розрахуємо нарахування на обслуговування за рік за формулою, коп:

$$O_r = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15 \Pi}{100} \quad (6.10)$$

де α_2 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [13, с. 92];

Виконуємо розрахунки за формулою (6.10):

$$O_{r1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 135000}{100} = 776,25 \text{ коп.}$$

$$O_{r2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 137500}{100} = 790,625 \text{ коп.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.9):

$$O_1 = \frac{776,25 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,32 \text{ коп.}$$

$$O_2 = \frac{790,625 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,32 \text{ коп.}$$

Розрахуємо витрати на ремонт обладнання за формулою, коп:

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_o \cdot 60} \quad (6.11)$$

де P_r – нарахування на ремонт за рік, коп

Розрахуємо нарахування на ремонт за рік за формулою, коп

$$P_r = \frac{\alpha_3 \cdot 1,15U}{100} \quad (6.12)$$

де α_3 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [13, с. 92].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.12):

$$P_{r1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 135000}{100} = 6986,25 \text{ коп.}$$

$$P_{r2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 137500}{100} = 7115,625 \text{ коп.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.11):

$$P_1 = \frac{6986,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 2,9 \text{ коп.}$$

$$P_2 = \frac{7115,625 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 2,95 \text{ коп.}$$

Визначаємо витрати на інструмент за довідковою літературою [13, т. 2.20, с. 94].

Для токарної обробки в обох варіантах обираємо різці, оснащені твердим сплавом, для чистового проходу $I_T = 0,092$ грн.

Визначаємо витрати на пристосування за довідковою літературою [13, т. 2.21, с. 95].

Для токарної обробки в обох варіантах спеціальних пристосувань не передбачено.

Розраховуємо технологічну собівартість для кожного варіанту операції за формулою, коп:

$$C_i = (Z_{pi} + Z_{ni} + E_i + \Pi_i + II_i + A_i + O_i + P_i) \cdot t_{um-k_i}. \quad (6.13)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.13):

$$C_1 = (1,697 + 1,697 + 16,8 + 0 + 0,092 + 9,67 + 0,32 + 2,9) \cdot 7,14 = 236,876 \text{ коп.}$$

$$C_2 = (1,09 + 1,697 + 33,45 + 0 + 0,092 + 9,84 + 0,32 + 2,95) \cdot 4,19 = 207,149 \text{ коп.}$$

Розраховуємо економічний ефект очікуваний при впровадженні токарного верстата з ЧПК (MDW 20M) замість токарного верстата з ручним керуванням (1М63Б) за формулою, грн:

$$E_e = (C_1 \Pi + E_1 \Pi_1 n_1) - (C_2 \Pi + E_2 \Pi_2 n_2). \quad (6.14)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності [13, с. 91]

Виконуємо розрахунки за формулою (6.14)

$$E_e = (2,36876 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 135000 \cdot 1) - (2,07149 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 137500 \cdot 1) = 70,905 \text{ грн.}$$

Проведений аналіз розрахунків економічної ефективності показав, що технологічна собівартість токарної операції на верстаті 1М63Б складає 236,876 грн., а на верстаті з ЧПК STL-200НР – 207,149 грн. Економічний ефект від впровадження верстата з ЧПК STL-200НР замість 1М63Б складає 70,905 грн.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки тема магістерського проекту "Технологічні методи забезпечення точності при виготовленні тонкостінної деталі на металорізальному верстаті", тому нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки на ділянці механічного цеху, відповідно до методичних вказівок.

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

1. Механічні травми, внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця;

б) захащення заготівками і деталями робочого місця;

в) ушкодження шкірного покриву рук гострими кромками, задирками на поверхні заготовок, інструменту, устаткування, відходів при роботі без рукавиць.

г) Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя.

2. Поразка електрострумом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування, відсутності захисного заземлення.

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

4. Нервово-емоційне навантаження, у зв'язку із стресовими ситуаціями, які можуть привести до захворювання загального невротичного характеру і нервовим зривам.

5. Санітарно-гігієнічні причини:

а) незадовільне освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювального устаткування, що може привести до втоми очей;

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

в) підвищена запиленість в зоні дихання, за відсутності засобів захисту, при обробці деталей із титанових сплавів може викликати захворювання дихальних шляхів (титан належить до четвертого класу шкідливості та викликає подразнення дихальних шляхів);

г) підвищений рівень шуму може привести до дратівливості, збільшення помилок;

д) вібрація (локальна) на руки, яка може привести до віброзахворювань;

е) роздратування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів можуть викликати мастильно-охолоджувальні технічні засоби (МОТЗ) при порушенні правил безпеки. Аерозоль нафтових олій, які входять до складу СОТС, може також привести до зниження імунобіологічних реакцій.

6. Психофізіологічні шкідливі чинники:

а) фізичне перевантаження при установці, закріпленні і зніманні великогабаритних деталей;

б) монотонність роботи.

7. Незадовільних параметрів мікроклімату робочого місця, у зв'язку з відсутністю або неправильною роботою засобів забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату, що може привести до загальних захворювань.

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

9. Неправильних дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що може привести до травмування і загибелі людей.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевийпил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Для попередження електротравматизму усе електричне устаткування і інструменти заземлені відповідно до ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1» і перевіряється один раз в 6 місяців. При цьому проводиться зовнішній огляд, перевіряється робота на неодруженому ході не менше 5 хв., вимірюється опір ізоляції, перевіряється справність ланцюга заземлення.

При використанні електроінструменту передбачені засоби індивідуального захисту від поразки струмом (спеціальні гумові рукавички і спеціальні гумові килимки). Робітники забезпечені раціональним спецодягом (халат х/б, рукавички х/б) і спеціальним взуттям.

Безпека технологічного устаткування забезпечується правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів і робочих процесів і відповідає «Технічному регламенту безпеки машин». Обладнання не створює небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Внутрішнє планування цеху розроблене відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Вибраний спосіб планування верстатів на ділянці механічного цеху відноситься до прямого – в порядку технологічних операцій.

При розробці планування передбачається організація проходів, що забезпечують вільний доступ до усіх робочих місць і які є шляхами евакуації власного складу на випадок надзвичайної ситуації.

Відстані між верстатами забезпечують безпечну роботу і обслуговування устаткування, які залежать від габаритів верстатів.

Площа і об'єм виробничої ділянки забезпечує виконання вимог мінімального об'єму 15 м^3 на одного робітника і мінімальні норми виробничій площі $4,5 \text{ м}^2$ на одного робітника і відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачені місця для збору та утилізації промислових відходів. Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння.

На кожному робочому місці є дерев'яні ґрати на всю довжину робочої зони, і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають. Зручне розташування інструменту і пристосувань в тумбочках, а заготовок в спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм.

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Крім того, безпека праці забезпечується:

- використанням в конструкціях технологічного устаткування спеціальних захисних засобів;
- дотриманням ергономічних вимог відповідно ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»;

- включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту устаткування.

- застосуванням знаків безпеки для попередження про небезпеку відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Передбачено обгороджування частин верстатів, що рухаються та представляють небезпеку для людини, відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Захисні пристрої не погіршують стеження за роботою устаткування і максимально захищають від проникнення небезпечних і шкідливих чинників в робочий простір.

Верстат відключається від мережі при зміні робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни. Гальмування двигунів після останову приводу здійснене за рахунок кінематичного тертя, тобто мимоволі.

На усіх металорізальних верстатах дільниці є блокування дверей силового устаткування і верстатів з вимикачем струму, щоб при включеному положенні не можна було відкрити дверці, а при відкритих дверцях – не можна було включити устаткування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Блокуючі пристрої виконують фіксацію робочих частин устаткування у відповідному робочому або неробочому положенні. При автоматичному управлінні устаткуванням без участі оператора спрацьовує автоматична сигналізація (звукова або візуальна), яка оповіщає про небезпеку. Передбачені сигнальні знаки "блискавка" на усіх дверцях, кришках, кожухах електроапаратури і чіткі написи, що не стираються, "заземлення" на верстаті біля виведення заземлення.

Матеріали, що використані в конструкціях устаткування, не є шкідливими, а ті елементи, з якими безпосередньо контактує людина, не мають гострих кутів, країв, нерівних, гарячих або переохолоджених поверхонь. Для попередження негативного впливу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) і технологічних мастил(ТМ) в технологічному процесі передбачено застосування тільки речовин, що відповідають вимогам узгодженої з санітарно-епідемічною службою нормативно-технічною документацією. В інструкціях по експлуатації зазначені хімічні сполуки, що підлягають обов'язковому контролю, наприклад, аерозоль масла, оксид вуглецю, триетаноламін, нітрит натрію, формальдегід, та визначені можливі супутні газовиділення. Металообробне устаткування, при роботі на якому використовується ЗОР, забезпечене місцевими витяжними пристроями типу вентилюваних укриттів зони обробки металів (панелей рівномірного всмоктування). Наявність блокуючих пристроїв забезпечує одночасний пуск устаткування та місцевої витяжної вентиляції. Для захисту шкірного покриву від дії ЗОР працюючі забезпечені засобами індивідуального захисту та дерматологічними захисними засобами (профілактичні пасти, мазі, креми).

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проектуємій ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого

постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

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

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпеки чинників виробничого середовища, труднощі і напруженості трудового процесу".

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

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих

приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

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

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

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

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормальної освітленості робочої зони. Для робочого загального освітлення застосовані в якості джерела світла газорозрядні лампи, які щоб уникнути стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі. На робочих місцях встановлено місцеве освітлення. Норми освітленості робочих місць визначені ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" залежать від характеристики робіт. Розрахуємо загальне освітлення на механічній дільниці методом світлового потоку з метою забезпечення комфортної та безпечної роботи

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

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку" рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБа. Так як у механічному цеху рівень шуму лежить в межах норм ($<80\text{дБ}$), застосування індивідуальних засобів захисту і спеціальні заходи

не передбачені. При цьому рекомендується перевірка робочих місць і устаткування для встановлення рівня шуму мінімально один раз впродовж року.

Додатковими засобами для забезпечення техніки безпеки є використання робітниками індивідуальних засобів захисту відповідно до ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту рук і інших частин тіла оператора з робочими органами приладів і установок не перевищують 110 дБ. Для захисту від цієї небезпеки передбачений екран між працівником і установкою, в якості індивідуального захисту працівників навушники.

Рівень вібрації не перевищує значення 25 кГц (ССБТ і ДСН 3.3.6.039-99 "Державні норми виробничої загальної і локальної вібрації"), для цього на кожному робочому місці передбачені спеціальні прокладення під ніжки.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 методів віброзахисту за організаційними ознаками діляться на колективні і індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

- зменшення вібрації в джерелах її виникнення – усі деталі верстатів і агрегатів, що рухаються, ретельно урівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;
- зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;
- організаційно-технічні – планово-запобіжний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;
- гігієнічні і лікувально-профілактичні.

До засобів індивідуального віброзахисту відносяться рукавиці, що віброгасять, і спеціальне взуття – ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

Рівень електромагнітних полів контролюється і визначається перепадом потенціалів на робочому місці. Різниця в перепадах зон які контролюються встановлюється 1 кВ/м (для магнітного поля частотою 50 Гц). Рівень напруженості магнітного поля частотою 50 Гц при постійній дії не повинен

перевищувати 1,4 кА/м упродовж робочого дня. Час перебування людини в магнітному полі напруженістю більше 1,4 кА/м регламентується відповідно до ДСанПиН 3.3.6-096-2002 "Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів".

Для вимірів в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц використовуються прилади, призначені для визначення середніх значень щільності потоку енергії, з погрішністю 40% в діапазоні частот 300 МГц – 2 ГГц і 30% в діапазоні частот зверху 2 ГГц.

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 "Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю" виміру напруженості і щільності потоку енергії ЕМП проводяться не рідше за один раз в рік, а також в наступних випадках:

- при введенні в дію нових установок;
- при внесенні змін до конструкції, розміщення і режиму роботи діючих установок;
- в час і після проведення ремонтних робіт, які супроводжуються зміною випромінюваної потужності;
- при внесенні змін до засобів захисту від ЕМП;
- при організації нових робочих місць.

Виміру напруженості або щільності потоку енергії ЕМП допускається не проводити у випадках, якщо установка не працює в режимі випромінювання на відкритий хвилевід, антену або інший елемент, призначений для випромінювання ЕМП в довкілля, і її номінальна потужність, згідно з паспортними даними, не перевищує:

- 2,5 Вт в діапазоні частот від 60 кГц до 3 МГц;
- 400 мВт в діапазоні частот понад 3 МГц до 30 МГц;
- 100 мВт в діапазоні частот понад 30 МГц до 300 ГГц.

На території проекрованої ділянки повною мірою забезпечений захист персоналу від дії електромагнітних полів згідно ДСанПиН 3.3.6-096-2002, ДСН 476-2002 "Державні санітарні норми при роботі з джерелами

електромагнітних полів", ДСН 476-2002 "Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів". Засоби захисту використовуються при усіх видах робіт узгоджено ДСанПиН 3.3.6-096-2002 з дотриманням усіх норм і правил.

На спроектованій ділянці і в цеху не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, випромінюючі рентгенівські, іонізуючі і інші небезпечні випромінювання відповідно до норм НРБУ- 97 "Норми радіаційної безпеки України".

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи по пожежній безпеці виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

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

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

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та

зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

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

Клас пожежонебезпечної зони відповідно до ПОЕ – клас П-III. При розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі поодинокого пожежонебезпечного технологічного устаткування, якщо спеціальні заходи проти поширення пожежі не передбачені, зона в межах до 3м по горизонталі і вертикалі від цього устаткування вважається пожежонебезпечною.

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

Вуглекислотний вогнегасник призначений для гасіння тільки електроустановок. У електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

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

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки :

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

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних дільницях і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м² площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

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

7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах.

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

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

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

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

Потенційною небезпекою для України є можливі аварії на АЕС інших держав з викидом радіоактивних речовин.

При аваріях на АЕС можуть бути пошкодження конструкцій, технологічних ліній, пожежі, викиди в навколишнє середовище радіоактивних речовин. У 1998 р. на АЕС було 44 надзвичайних подій об'єктового характеру.

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

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

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

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

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

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

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

В результаті аварії на АЕС при викиді радіонуклідів в атмосферу утворюється хмара або факел. В процесі її поширення відбувається розсіювання радіоактивних продуктів, що в ній містяться. Це зумовлює зовнішнє опромінення населення від хмари (факелу), а також надходження радіонуклідів в організм за рахунок вдихування радіоактивних аерозолів.

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

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

- характер надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище;

- загальна кількість радіоактивних речовин, що потрапили в навколишнє середовище;

- радionуклідний склад аварійного викиду;

- метеорологічні умови в момент радіоактивного викиду (напрямок, швидкість вітру, опади);

- віддаль від джерела аварійного викиду до населених пунктів;

- гідрогеологічні і ґрунтові характеристики місцевості, їх рельєф;

характер сільськогосподарського використання території, яка зазнала радіоактивного забруднення;

умови водопостачання і харчування населення, характер його трудової діяльності;

щільність населення і характер забудови території, що зазнала впливу радіоактивних опадів;

час, що пройшов з моменту радіаційної аварії.

Масштаби і характер викидів радіонуклідів в значній мірі визначається конструктивними особливостями АЕС, її потужністю, особливістю руйнування будівельних конструкцій, захисної оболонки та ін. факторами, що сильно утруднює задачу прогнозування наслідків аварій.

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

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

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

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

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

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

Виходячи з цього, розробку заходів захисту населення в районах розміщення АЕС необхідно проводити на основі розрахунків на найважчий варіант розвитку аварії. При такому варіанті в атмосферу може бути викинуто до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % рутенію і лантану. На момент аварійного зупинення або руйнування реактора загальна активність викиду радіонуклідів може становити до 10% загальної активності реактора.

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

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

Всі підприємства і організації (крім АЕС) незалежно від відомчої належності передають радіоактивні відходи на міжобласні спеціалізовані

комбінати (МСК) державного об'єднання "Радон", яке має у своєму складі 6 спецкомбінатів: Київський, Львівський, Донецький, Дніпропетровський, Одеський і Харківський. Львівський, Харківський, Одеський і Дніпропетровський спецкомбінати приймають і ховають низько- і середньоактивні радіоактивні відходи. Донецький спецкомбінат не має вільних сховищ для зберігання та поховання РАВ. Київський комбінат може приймати для тимчасового зберігання відходи низької та середньої активності.

На Київському і Харківському державних міжобласних спеціалізованих комбінатах через недосконалі конструкції старих сховищ для радіоактивних відходів виникло забруднення підземних вод поза межами сховищ радіонуклідами тритію. Причиною поширення радіонуклідів поза межами сховищ РАВ, у тому числі законсервованих, є недосконалість конструкції сховищ. Міграція радіонуклідів зі сховищ відбувається внаслідок порушення гідроізоляції. У сховищах радіоактивних відходів і джерел іонізуючого випромінювання накопичується вода, яка проникає з атмосферними опадами та утворюється внаслідок конденсації.

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

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

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

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

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

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

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

Висновки

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

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або

погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника.

ВИСНОВОК

В процесі виконання дипломного проекту була проведена розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Вал».

Визначено метод отримання заготовки та призначені припуски для отримання заготовки. Розраховано режими різання та технічне нормування на вказані операції згідно методичних вказівок.

Розроблено 3D модель деталі та заготовки, проведено симуляцію механічної обробки в програмі Siemens NX CAM. Також виконали проектування контрольного та робочого пристосування, що підвищують швидкість та якість обробки.

Виконано автоматизацію вибору пристосування для токарної обробки тонкостінної деталі за допомогою Siemens NX.

Проведено виконання спеціального завдання на тему: «Технологічні методи забезпечення точності при виготовленні тонкостінної деталі на металорізальному верстаті».

В програмі NX CAM деталь була досліджена на міцність, після чого був зроблений аналіз результатів досліджень.

В економічному розділі визначили найбільш економічно вигідний верстат для токарної операцій.

У частині охорони праці був проведений аналіз механобробного цеху на потенційні небезпеки та методи боротьби з ними. Розроблено комплекс заходів для попередження ураження ультразвуком.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» всіх форм навчання / НУ «Запорізька політехніка»; уклад. Н.В.Гончар. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 85с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. т. 1 : справочник / [А.Г. Косилова и Р.К. Мещерякова.]; под общ. ред. А.Г. Косиловой. – М : Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. т. 2 : справочник / [А.Г. Косилова и Р.К. Мещерякова.]; под общ. ред. А.Г. Косиловой. – М : Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: монография / В.И. Баранчиков, А.В.Жаринов, Н.Д. Юдина. – М : Машиностроение, 1990. – 400с.
5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика машиностроителя, т. 2: монография Е.И. Стружестрах. – М : Машиностроение, 1961. – 892с.
6. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Запоріжжя. НУ «Запорізька політехніка»; укл. О. Б. Козлова, Н. В. Гончар, Є. В. Вишнепольський. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 46 с.
7. Богуслаев В.А. Станочные приспособления: монография / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2004 – 461 с.

8. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения – М. : Высшая школа, 1983, 226 с., ил.

9. Жаргалова А.Д., Гаврюшин С.С., Лазаренко Г.П., Семисалов В.И. О «мягких» режимах резания для обработки тонкостенных деталей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/117TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

10. Арбузов Е.В., Жаргалова А.Д., Лазаренко Г.П., Семисалов В.И. / К вопросу о деформации тонкостенных деталей при обработке на станках токарной группы // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. №4. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/353914.html> (дата обращения 14.04.2016).

11. МОРГУНОВ Анатолий Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения». ЧХЕТИАНИ Екатерина Юлоновна, аспирантка кафедры «Основы теории механики и автоматического управления». ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ ВЕСТНИК № 1 (107) 2012 Статья поступила в редакцию 23.11.2011 г.

12. Стали и сплавы. Марочник: Справ, год. / В.Г. Сорокин и др.; Науч. С77 ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев — М.: «Ингермет Инжиниринг», 2001. — 608 с.: ил.

13. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.900260) усіх форм навчання. / ЗНТУ; улад.: В. К. Яценко, В. І. Ципак, Є. Я. Коренєвський [та ін]. — Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. — 245.

14. Приспособления для металорезающих станков расчеты и конструкции. Ансеров М.А. кан. тех. наук. "Машиностроение", Москва, 650с.

15. Еремейкин П.А., Жаргалова А.Д. Автоматизация выбора рациональных режимов токарной обработки тонкостенных деталей. Инженерный журнал: наука и инновации, 2017, вып. 2. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-02-1587>