



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект Підвищення продуктивності виробництва
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
деталі "Перехідник" приводу генератора при використанні в механічному
процесі фрезерних верстатів з ЧПК
СТУДЕНТ Паламарчук М.В.
Спеціальність « Прикладна механіка 131 », група М-113М
Обсяг проекту повний
Кількість аркушів креслень 9
Кількість сторінок пояснювальної записки 120

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень

Технологічна частина; конструкторська частина; автоматиза-
ція виробництва, спеціальне завдання (порівняльний аналіз CAD/CAM
систем); оптимізація геометрії деталі; охорона праці.

б) висновок про відповідність проекту завданню

Виконана робота відповідає поставленому завданню

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

Кожен розділ дипломного проекту виконаний з відповідністю
останнім досягненням науки та техніки і передовим методам
роботи

г) негативні особливості виконання проекту

У частині технологічної документації не за ГОСТом
виконані деякі різні елементи, у позначенні
деяких позначень розрізняється підвищення продуктивності виробництва

д) позитивні особливості Робота виконана з використанням

програми інформаційних технологій, суцільно
вирішувати об'єкти ЧПК.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту
графічний матеріал виконаний у відповідності ЄСКО

є) відгук про роботу загалом Виконана робота є зачіпленою

ж) інші зауваження

з) оцінка проекту Виконана робота заслуговує оцінки добре.

Рецензію склав

Зав. ксер. Т.М.Б. Діре С.І

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


(підпис)

«04» 12 2018 р.

[14:25:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [4] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:25:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №457 [4] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:26:41] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №482 [4] (200047 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:26:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [4] (200117 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:27:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [4] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:27:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №442 [4] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:27:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №492 [4] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:35:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:35:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:36:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:37] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:38:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:39:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:40:26] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:40:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:40:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:41:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [4] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:46:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [4] (204623 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:46:49] Тип проверки: *Стандартная*

[14:46:50] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 27%)**

[14:46:51] **Уникальность текста 76%** © (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Паламарчук М.В., провів
зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.



03.12.2018р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології машинобудування

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Підвищення продуктивності виробництва деталі «Перехідник
привода-генератора» з використанням в технологічному процесі фрезерних
верстатів з ЧПК

Виконав: студент 6 курсу, групи М-113м
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Паламарчук М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Вишнепольський Є.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дядя С.І.

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 Напрямок підготовки _____

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

“ ____ ” _____ 20 ____ року

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

Паламарчуку Максиму Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення продуктивності виробництва деталі «Перехідник привода-генератора» з використанням в технологічному процесі фрезерних верстатів з ЧПК

керівник проекту (роботи) Вишнепольський Є.В.,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 11 2018 року № 366

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 05.12.18

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вибір методу отримання заготовки, розрахунок припусків та операційних розмірів, проектування маршруту обробки деталі, проектування операцій в Siemens NX, проектування робочого та контрольного пристосування, автоматизація виробництва, розрахунок деталі в Siemens NX, охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення деталі, заготовки, контрольного та робочого пристосування, автоматизоване пристосування, маршрут обробки деталі, РТК токарної, фрезерної та свердлильної операції, три листа спецзавдання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Нормоконтроль	Патюпкін А.В.	02.02.18	04.12.18
Охорона праці	Шмирко В.І.	10.10.18	26.11.18

7. Дата видачі завдання 02.02.18

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	21.02.18	
2	Розрахунок припусків та операційних розмірів	05.03.18	
3	Проектування маршруту обробки деталі	21.04.18	
4	Проектування та розрахунок робочого та контрольного пристосування	30.05.18	
5	Автоматизація виробництва	15.06.18	
6	Розрахунок деталі на міцність	30.06.18	
7	Збір даних с спецзавдання	21.07.18	
8	Збір даних з охорони праці	18.10.18	

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 117 стор., 6 табл., 34 рис., 17 джерел, 3 додатки.

Мета роботи – складання технологічного процесу обробки деталі "Перехідник привода генератора", розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК та скорочення використовуємого обладнання.

В ході виконання роботи був спроектований технологічний процес обробки заданої деталі, спроектоване робоче та контрольне пристосування. Для скорочення часу на контроль розмірів спроектовано автоматизоване пристосування для контролю биття.

Для зниження трудомісткості процесу проектування на виробництві; скорочення термінів реалізації проектів; зниження собівартості проектних робіт, а також витрат, пов'язаних з експлуатацією необхідно використовувати системи автоматизованого проектування (САПР). В роботі розглянуті основні переваги цих систем та проаналізовано деякі із них.

Проаналізовані потенційні небезпеки, які можуть виникати при роботі за фрезерним верстатом. Розроблені та запропоновані заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов при проведенні робіт.

ДЕТАЛЬ, ЧПК, ПРИСТОСУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, САД, САМ, САПР.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	13
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	18
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	20
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	28
1.5 Розрахунок припусків і технологічних.....	30
1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу.....	35
1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	58
1.7.1 Розробка токарної операції.....	58
1.7.2 Розробка свердлильної операції.....	60
1.7.3 Розробка фрезерної операції.....	66
2 Конструкторська частина.....	68
2.1 Проектування робочого пристосування.....	68
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	68
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	68
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	71
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	74
3 Автоматизація виробництва.....	80
4 Спеціальне завдання. Порівняльний аналіз CAD/CAM систем.....	87
5 Оптимізація геометрії деталі.....	94

6 Охорона праці.....	97
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	97
4.2 Заходи з забезпечення безпеки.....	99
4.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	101
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	109
4.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	111
Висновки.....	115
Перелік посилань.....	116
Додаток А. Специфікація на робоче пристосування.....	117
Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування.....	118
Додаток В. Специфікація на автоматизоване пристосування.....	119
Додаток Г. Комплект технологічних карт.....	120

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЧПК - числове програмне керування;

МОП - маршрут обробки поверхні;

МВД - маршрут виготовлення деталі;

САПР - система автоматизованого проектування;

ПК - персональний комп'ютер.

ВСТУП

Технологічний процес — це впорядкована послідовність взаємопов'язаних дій та операцій, що виконуються над початковими даними до отримання необхідного результату.

Сучасний технологічний процес може складатися з десятків, сотень і навіть тисяч окремих операцій, він може бути різноманітним і розгалужуватися залежно від різних умов. Вибір тієї чи іншої технології - це не просто вибір тих чи інших верстатів, інструменту і оснастки. Потрібно також забезпечити відповідність вимогам технічних умов, планових і фінансових показників.

Технологічний процес повинен бути прогресивним і забезпечувати підвищення ефективності праці і якості предметів торгівлі, скорочення трудових і матеріальних витрат на його реалізацію.

Тому дуже важливо грамотно скласти послідовність обробки заготовки, обладнання та режими. Це і є основою професії технолога.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь: Перехідник привода-генератора.

На коробці приводів розташовані агрегати, які обслуговують двигун й літак, і приводи до них.

На коробці приводів встановлені:

- привідні агрегати: центр обіжний суфлер, блок паливних насосів, масло агрегат, повітрівідділювач, гідронасос, повітряний стартер, привод-генератор, непривідний паливний регулятор;
- сигналізатор перегріву, заміру тиску в коробці й злива масла з паливного регулятора;
- також є фланці кріплення колонки приводів, піддона й стружкосигналізатора.

Генератор та гідронасос монтуються на коробку приводів при установці двигуна на літак.

На непрацюючому двигуні храповик повітряного стартера знаходиться в зачепленні з трьома упорами, змонтованими в відцентровій муфті привода повітряного стартера. При запуску, після вихода двигуна на розрахункову частоту обертання, повітряний стартер вимикається, а упори під дією відцентрових сил долають опір пружин й виходять з зачеплення.

Коробка приводів складається з корпусу коробки, зубчатих колес, розташованих всередині корпусу, перехідників й підшипників. Корпус коробки приводів відлитий з магнієвого сплава, в посадочні місця під підшипники запресовані сталеві обойми підшипників.

Кріплення відцентрового суфлера й повітрівідділювача здійснюється шпильками на спеціальних фланцях, виконаних на зовнішній поверхні корпусу коробки приводів. Вся інші агрегати, які мають приєднувальні місця для кріплення швидкозйомними стрічковими хомутами та колодками,

Таблиця 1.1 - Хімічний склад в % матеріала BT-5Л

Fe	C	Si	W	N	Ti	Al	Zr	O	H	Домішок
до 0.35	до 0.2	до 0.2	до 0.2	до 0.05	91.48- 95.9	4.1 - 6.2	до 0.8	до 0.2	до 0.015	інших 0.3

Титанові сплави мають ряд переваг у порівнянні зі сталями та іншими кольоровими сплавами. Вони поєднують високу міцність з хорошою пластичністю, володіють малою щільністю, що забезпечує високу питому міцність; гарною жароміцністю до 600...700°C; високою корозійною стійкістю в атмосфері, воді, агресивних середовищах.

Сплав BT5 (BT5Л) легований тільки алюмінієм. Алюміній належить до найбільш поширених легуючих елементів в титанових сплавах. Це обумовлено наступними перевагами алюмінію перед іншими легуючими компонентами:

- а) алюміній широко поширений в природі, доступний і порівняно дешевий;
- б) щільність алюмінію значно менше щільності титану, і тому введення алюмінію підвищує їх питому міцність;
- в) зі збільшенням вмісту алюмінію підвищується жароміцність і опір повзучості сплавів титану;
- г) алюміній підвищує модулі пружності;
- д) із збільшенням вмісту алюмінію в сплавах зменшується їх схильність до водневої крихкості. Сплав BT5 відрізняється від технічного титану більшу міцність і жароміцність. Разом з тим алюміній значно зменшує технологічну пластичність титану. Сплав BT5 деформується в гарячому стані: кується, прокатується, штампується. З нього виготовляють прутки, профілі, поковки, штамповки. Тим не менш, його краще застосовувати не в деформованому стані, а у вигляді фасонного лиття (в цьому випадку йому присвоюють марку BT5Л). Сплав призначений для виготовлення деталей

систем управління, внутрішнього набору фюзеляжу, зварних деталей і вузлів, довгостроково працюючих (10 000 год) при температурах до 400 °С.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Під типом виробництва слід розуміти сукупність його організаційних, технічних та економічних особливостей, тобто комплексну характеристику організації і технічного рівня підприємства, обумовлену ступенем його спеціалізації, складністю та стійкістю товарної номенклатури, розмірами і повторюваністю випуску виробів, а також масштабами виробництва.

Тип виробництва впливає на особливості його організації, на економічні показники функціонування підприємства, на структуру собівартості виготовлюваної продукції, на рівень оснащеності виробництва тощо.

В залежності від маси деталі та програми випуску обираємо серійний тип виробництва [1, с. 5, табл. 1.1].

У серійному виробництві виготовляється обмежена номенклатура виробів невеликими партіями. За одним робочим місцем, як правило, закріплено виконання кількох операцій.

Форма організації виробництва являє собою певне поєднання в часі і в просторі елементів виробничого процесу при відповідному рівні його інтеграції, виражене системою стійких зв'язків.

Обираємо паралельно-послідовну форму організації робіт.

Форма організації виробництва з паралельно-послідовною передачею предметів праці є проміжною між послідовної і паралельної формами і частково усуває властиві їм недоліки. Вироби з операції на операцію передаються транспортними партіями. При цьому забезпечується безперервність використання обладнання і робочої сили, можливо частково

паралельне проходження партії деталей по операціях технологічного процесу.

Визначимо обсяг партії виробів, що випускаються

$$n = \frac{a \cdot N}{A}$$

де $a=12$ - періодичність запуску деталей у виробництво;

$$n = \frac{a \cdot N}{A} = \frac{12 \cdot 3000}{250} = 144 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Метод отримання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі перераховані вище вихідні дані, тому що між ними існує тісний взаємозв'язок. Остаточне рішення можна прийняти тільки після економічного комплексного розрахунку собівартості заготовки і механічної обробки в цілому.

Складність технології титанового лиття обумовлюється високою температурою плавлення і дуже високою хімічною активністю рідкого титана. Він намагається вступити в реакцію з усіма газами, що містяться в повітрі. Тому лиття титану традиційно проводили в атмосфері інертних газів. Для цього плавильні печі ізолювали від атмосфери, нагнітаючи в них спеціальні гази і створюючи надмірний тиск.

Згодом були розроблені вакуумні плавильно-ливарні установки. Вони поєднують в одному вакуумованому об'ємі, процеси розплавлення металу, його лиття і охолодження виливка. Лиття проводиться в графітовій формі.

Нарівні з цією технологією застосовується і метод вакуумного лиття по витоплюваним моделям.

Сучасні методи лиття дозволяють одержувати міцні й однорідні виливки, що задовольняють самим прискіпливим конструктивним вимогам. Метод лиття також володіє перевагою перед механічною обробкою на верстатах і зварюванням найкращим коефіцієнтом використання металу.

Лиття титану по витоплюваним моделям

Цей метод найчастіше застосовується при литті виливки невеликого розміру зі складною конфігурацією або тонкими стінками.

Моделі виготовляються з воску або полістиролу. Модель повністю повторює конфігурацію готового виробу, але має збільшені на величину ливарної усадки розміри. Модель також включає в себе невеликі вертикальні стрижні до рівня засипки форми, які застосовуються для формування ливарних отворів. Через литники у форму надходить розплавлений метал. Моделі об'єднують в блоки, які поміщають в опоку, яку заповнюють високодисперсним графітовим порошком. Ущільнення проводиться вібраційним методом. Для досягнення кращого ущільнення порошку виробляють пошарово. По готовності форму з блоком моделей заводять у вакуумовану камеру і заливають в неї розплав.

Розпечений рідкий метал розплавляє матеріал моделі і витісняє його у вигляді газів прямо через стінки форми. Розплав заповнює форму, в точності повторюючи всі деталі її рельєфу.

Внаслідок високої активності нагрітого титану для його лиття доводиться застосовувати специфічне обладнання.

Плавильний агрегат і машина лиття ливарних форм розміщуються в герметичній вакуумованій камері. Високопродуктивні насоси відкачують повітря на початковому етапі, так і видаляють гази, що утворюються при плавленні і відливання.

Головною перевагою лиття по витоплюваним моделям - ретельність передачі форми та низька шорсткість поверхні. Крім того, цей метод має інші переваги:

- Доступно виробництво деталей зі сплавів, що слабо піддаються механічній обробці.
- Знижується необхідність в подальшій механічній обробці.
- Відливаються вироби, які іншими методами довелося б виготовляти частинами і збирати воедино.
- При великих серіях досягається зниження питомої трудомісткості (у розрахунку на один виріб) і його собівартості.
- Можливість механізації і часткової автоматизації підготовчих операцій самого лиття.

Враховуючи всі фактори пропонуємо отримувати заготовку методом відцентрово-вакуумного лиття по витоплюваним моделям .

Вихідні дані:

Матеріал – сплав ВТ-5Л

Річна програма випуску $N = 3000$ шт.

Тип виробництва – серійне.

Маса деталі $q = 1,94$ кг

Для спрощення конфігурації виливка призначаємо допуски на отвори $\varnothing 7, \varnothing 9, \varnothing 4, \varnothing 4.6$ мм, пази, вибірки, всі фаски і канавки, т. я. їх неможливо отримати при виготовленні виливка обраними методами лиття.

Припуск на сторону обираємо по [2, с. 1, табл. 1.2].

Розміри заготовки заносимо в таблицю 1.2.

Визначаємо масу виливка в програмі Компас 3D (рис.1.2). Ескіз виливка на рис. 1.3.

Визначаємо масу виливка в програмі Siemens NX (рис.1.4).

Таблиця 1.2 - Розміри заготовки при литті по витоплюваним моделям

Номінальний р-р, мм	Розрахунок р-ра, мм	Фактичний р-р, мм
Ø28,4	$28,4 - 2 \cdot 0,3 = 27,8$	Ø28
Ø55	$55 - 2 \cdot 0,5 = 54$	Ø54
Ø150	$150 + 2 \cdot 0,75 = 151,5$	Ø152
Ø190	$190 + 2 \cdot 0,75 = 191,5$	Ø194
58	$58 + 2 \cdot 0,5 = 59$	59
15,5	$15,5 + 0,3 - 0,3 = 15,5$	16
8,5	$8,5 + 0,3 - 0,5 = 8,2$	9
6	$6 + 0,3 - 0,3 = 6$	6
4	$4 + 2 \cdot 0,3 = 4,6$	5

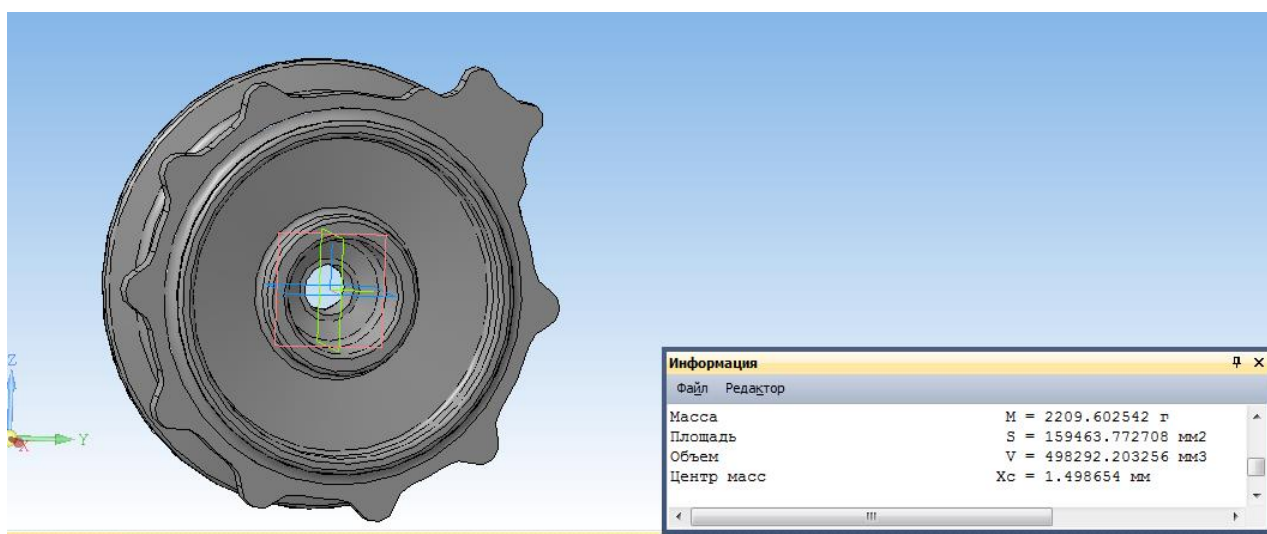


Рисунок 1.2 - Визначення маси виливка по витоплюваним моделям в Компас

3D

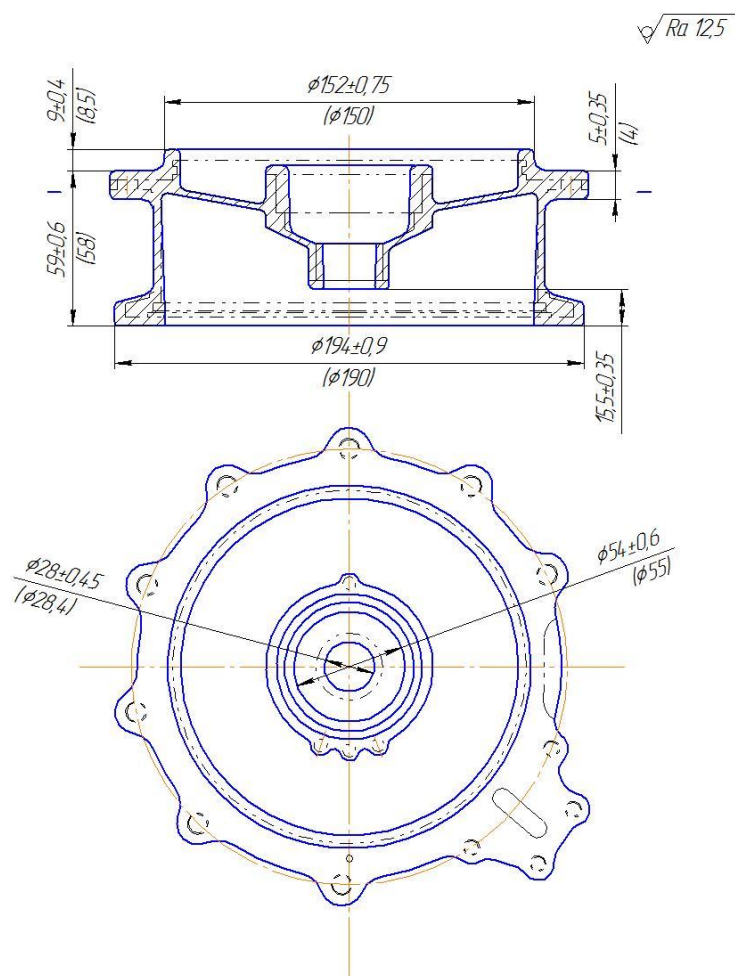


Рисунок 1.3 - Ескіз виливка по витоплюваним моделям

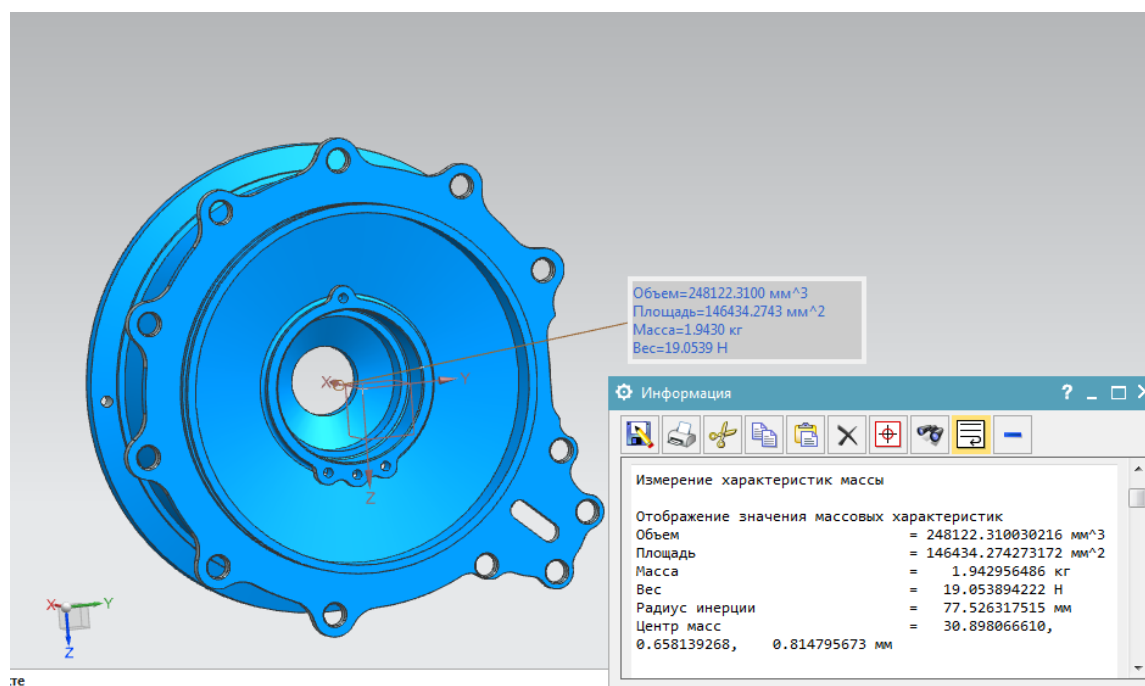


Рисунок 1.4 - Розрахунок маси деталі в SiemensNX

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції розуміють сукупність її властивостей, яка забезпечує у даних умовах виробництва та експлуатації найменші витрати праці, засобів, матеріалів та часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні та ремонті виробу.

Технологічність деталі аналізують на двох рівнях – якісному і кількісному.

На якісному рівні деталь оцінюють за наступними критеріями: за видом деталі, класом складності конфігурації, жорсткістю конструкції, наявності точних поверхонь та можливість обробки універсальним інструментом та на універсальному обладнанні.

Габаритні розміри деталі і її використання дозволяє використовувати раціональні методи одержання заготівлі, такі як: прокат, штампування, лиття.

Забезпечення потрібної шорсткості можливо стандартними режимами обробки й уніфікованим інструментом.

Обробка деталі проводиться поширеними методами обробки різанням. Немає необхідності використання вузькоспеціального обладнання, нестандартних, комбінованих інструментів, оригінальних пристосувань.

Задана на кресленні точність обробки не викликає особливих труднощів при обробці. Найбільш точні розміри легко обробляються на токарних та шліфувальних верстатах. Використання верстатів з ЧПК дозволяє обробляти декілька поверхонь деталі дуже точно та за одну установку.

В конструкції деталі багато простих поверхонь, які можна використати в якості чистових баз.

За якісними показниками деталь "перехідник привода-генератора" - технологічна.

Кількісна характеристика технологічності деталі проводиться за показниками застосування уніфікованих елементів конструкції, точності розмірів, шорсткості поверхні.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{\text{вик}} = \frac{q}{Q} > 0,8$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

$$K_{\text{вик}} = \frac{1,94}{2,2} = 0,88 > 0,8$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

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

де $Q_{y.e.}$ – загальна кількість конструктивних елементів;

Q_e – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{y.e.} = \frac{16}{20} = 0,8 \geq 0,6$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{CP}}} > 0,8$$

$$A_{CP} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}}$$

де n - кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k - квалітет точності;

A_{CP} - середній квалітет точності.

$$A_{CP} = \frac{15 \cdot 4 + 14 \cdot 4 + 13 \cdot 8 + 12 \cdot 5 + 9 \cdot 4 + 7 \cdot 1 + 5 \cdot 1}{27} = 12,15$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{12,15} = 0,92 > 0,8$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32$$

де B_{CP} - середнє значення параметра шорсткості (за кресленням);

$$B_{CP} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}}$$

де k - значення параметра шорсткості;

n - кількість поверхонь, які мають відповідну шорсткість;

$$B_{CP} = \frac{0,8 \cdot 6 + 1,6 \cdot 10 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 12}{35} = 3,85$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,85} = 0,26 < 0,32$$

За даним показником деталь технологічна.

За кількісними характеристиками можемо зробити висновок, що деталь технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Процес переходу від заготовки до деталі необхідно виконували за декілька переходів. Кількість переходів, їх послідовність визначають при проектуванні маршруту обробки поверхні (МОП).

МОП - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні.

МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, так як саме в цій частині закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні процеси впливу на поверхню заготовки.

Для визначення кількості механічних переходів для отримання необхідної точності і якості поверхні розраховують:

- загальне уточнення:

$$\varepsilon_{0i} = \frac{Ti_{заг}}{Ti_{дет}} \quad (1.8)$$

де $Ti_{заг}$ – допуск на і-й параметр заготовки;

$Ti_{дет}$ - допуск на і-й параметр деталі за робочим кресленням.

- кількість переходів за лімітуючим показником:

$$k_{Ti} = 2lg\varepsilon_{0i} \quad (1.9)$$

- частне уточнення на кожному j-тому переході

$$\varepsilon_{ij} = \frac{Ti_{(j-1)}}{Ti_j} \quad (1.10)$$

де $Ti_{(j-1)}$ и Ti_j – відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на попередньому $(j - 1)$ і даному j -тому переходах.

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятим, якщо виконується умова:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij} \quad (1.11)$$

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\emptyset 150_{-0,025} \text{ мм}$

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Заготовка:

$Td_3 = 1500 \text{ мкм};$

$Ra_3 = 12,5 \text{ мкм};$

Квалітет - IT 15;

Деталь:

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

$Ra_d = 1,6 \text{ мкм}$

Квалітет - h6.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.8):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{1500}{25} = 60$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} = \frac{12,5}{1,6} = 7,8$$

Визначаємо кількість переходів залімітуючим показником за формулою (1.9):

$$k_{розр} = 2lg \varepsilon_{oTd} = 3,5$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 15 - 6 = 9 = 4 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT15 \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow T/O \rightarrow h6$$

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

Визначаємо частні уточнення за формулою (1.10):

1) Точіння чорнове

$$\mathcal{E}_{Td1} = \frac{Td_{заг}}{Td_1} = \frac{1500}{250} = 6,$$

$$\mathcal{E}_{Ra1} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_1} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98.$$

2) Точіння чистове

$$\mathcal{E}_{Td2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{250}{63} = 4,$$

$$\mathcal{E}_{Ra2} = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97.$$

3) Термічна обробка

4) Шліфування чистове

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{63}{25} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{3,2}{1,6} = 2.$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.11):

$$\varepsilon_{Td0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iTd} = \varepsilon_{1Td} \cdot \varepsilon_{2Td} \cdot \varepsilon_{4Td} = 6 \cdot 4 \cdot 2,5 = 60$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iRa} = \varepsilon_{1Ra} \cdot \varepsilon_{2Ra} \cdot \varepsilon_{4Ra} = 1,98 \cdot 1,97 \cdot 2 = 7,8$$

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

$$60 \leq 60 - \text{вірно}$$

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

$$7,8 \leq 7,8 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятним.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\emptyset 62,048^{+0,018}$ мм.

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Заготовка:

$Td_3 = 1200$ мкм;

$Ra_3 = 12,5$ мкм;

Квалітет - IT 15;

Деталь:

$Td_d = 0,018$ мм = 18 мкм;

$$Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$$

Квалітет - Н5.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.8):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} = \frac{1200}{18} = 66,7$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} = \frac{12,5}{0,8} = 15,63$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.9):

$$K_{расч} = 2lg\varepsilon_{oTd} = 3,6$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 15 - 5 = 10 = 5 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT15 \rightarrow H10 \rightarrow H7 \rightarrow T/O \rightarrow H5$$

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

Визначаємо частні уточнення за формулою (1.10):

1) Розточування чорнове

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{Td_{заг}}{Td_1} = \frac{2000}{120} = 10,$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_1} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98.$$

2) Розточування чистове

$$\mathcal{E}_{Td2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{120}{30} = 4,$$

$$\mathcal{E}_{Ra2} = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{6,3}{1,6} = 3,94.$$

3) т/о

4) Шліфування чистове

$$\mathcal{E}_{Td4} = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{30}{18} = 1,6$$

$$\mathcal{E}_{Ra4} = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.11):

$$\mathcal{E}_{Td0} = \prod_{i=1}^k \mathcal{E}_{iTd} = \mathcal{E}_{1Td} \cdot \mathcal{E}_{2Td} \cdot \mathcal{E}_{4Td} = 10 \cdot 4 \cdot 1,6 = 68$$

$$\mathcal{E}_{Ra0} = \prod_{i=1}^k \mathcal{E}_{iRa} = \mathcal{E}_{1Ra} \cdot \mathcal{E}_{2Ra} \cdot \mathcal{E}_{4Ra} = 1,98 \cdot 3,94 \cdot 2 = 15,63$$

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

$$66,8 \leq 68 - \text{вірно}$$

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

$$15,63 \leq 15,63 - \text{вірно}$$

Таблиця 1.4 - Зведена таблиця МОП

№	Розмір, мм	Вид пов.	Заготовка			Деталь			ε_{oTd}	ε_{oRa}	k	Δ
			Кв.	Td, мкм	Ra, мкм	Кв.	Td, мкм	Ra, мкм				
1	$\varnothing 62,048^{+0,018}$	внутрішня циліндр.	IT15	1200	12,5	H5	18	0,8	66,7	15,3	3	10
2	$16 \pm 0,02$	торцева	-	-	-	js8	40	0,8	-	-	3	-
3	$\varnothing 168_{-0,63}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	h13	360	6,3	-	-	1	-
4	$\varnothing 150_{-0,025}$	зовнішня циліндр.	IT15	1500	12,5	h6	25	1,6	60	7,8	3	9
5	$\varnothing 28,4^{+0,052}$	внутрішня циліндр.	IT15	900	12,5	H9	52	1,6	17,3	7,8	2	6
6	$\varnothing 190_{-0,072}$	зовнішня циліндр.	IT14	1800	12,5	h8	72	3,2	25	3,9	2	6
7	$2 \pm 0,09$	торцева	-	-	-	js13	180	3,2	-	-	1	-
8	$1 \pm 0,09$	торцева	-	-	-	js13	180	3,2	-	-	1	-
9	$4 \pm 0,15$	торцева	IT15	700	12,5	js14	300	6,3	2,3	2	1	1
10	$22,224^{+0,1}$	торцева	-	-	-	H10	100	3,2	-	-	2	-
11	$58_{-0,19}$	торцева	IT15	1200	12,5	h9	190	1,6	6,3	7,8	2	6
12	$6_{-0,05}$	торцева	-	-	-	h10	50	3,2	-	-	2	-
13	$15,5 \pm 0,02$	торцева	IT15	700	12,5	js8	40	3,2	17,5	3,9	2	7
14	$6 \pm 0,02$	торцева	-	-	-	js9	40	3,2	-	-	2	-
15	$\varnothing 165^{+0,04}$	внутрішня циліндр.	-	-	-	H7	40	1,6	-	-	3	-
16	$\varnothing 171,8^{+0,25}$	внутрішня циліндр.	-	-	-	H11	250	3,2	-	-	2	-
17	$8,5 \pm 0,02$	торцева	IT15	800	12,5	js9	40	3,2	20	3,9	2	6
18	$\varnothing 146,3_{-0,063}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	h8	63	0,8	-	-	3	-

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Технологічний маршрут виготовлення деталі визначає послідовність операцій і складу технологічного устаткування. Від того, як побудований технологічний маршрут, залежать якість деталі і ефективність її виготовлення.

Розробка маршрутного технологічного процесу залежить від конструкції деталі, матеріалу, вимог до її якості, виду заготовки, масштабу випуску.

При традиційному проектуванні маршруту технологічного процесу залишаються невідомими величини знімаються припусків, число робочих ходів при обробці кожної поверхні деталі, режими обробки, витрати часу. Таким чином, маршрут не дає інформації, яка дозволила б на цьому етапі проектування підраховувати продуктивність і собівартість виготовлення деталі. Внаслідок зазначеного недоліку оцінити ефективність технологічного процесу стає можливим лише після проектування операцій, тобто після повної розробки процесу. Це суттєво подовжує пошук оптимального варіанту розроблюваного технологічного процесу і збільшує трудомісткість проектування. У той же час встановлена маршрутом структура процесу: кількість і послідовність операцій, методи обробки та обладнання - справляють істотний вплив на вартість, продуктивність і, зрештою, на ефективність виготовлення деталі.

При розробці маршруту виготовлення деталі слід враховувати наступні рекомендації:

- в останню чергу потрібно обробляти ті поверхні, до яких висувається найбільша кількість вимог, щодо якості поверхонь та їх точності;
- від підготовлених на перших операціях технологічних баз планують обробку наступних поверхонь;
- при проектуванні маршруту обробки необхідно, по можливості, скорочувати кількість переустановок деталі, та шлях транспортування деталі;
- технологічний контроль необхідно проводити в кінці технологічного процесу чи перед термічною обробкою деталі, якщо вона має місце.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 150_{-0,025} \text{ мм}$

Табличний метод:

Обираємо мінімальні припуски табличним методом [2, с. 39, табл. 4.3]:

$$1. \text{Точіння чорнове } 2z_2^{\min} = 2 \cdot 2,8 = 5,6 \text{ мм};$$

$$2. \text{Точіння чистове } 2z_3^{\min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ мм};$$

$$3. \text{Шліфування } 2z_5^{\min} = 2 \cdot 0,17 = 0,34 \text{ мм};$$

Визначення номінальних припусків:

$$2z_2^H = 2z_2^{\min} + ei_1 = 5,6 + 0,75 = 6,35 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{\min} + Td_2 = 0,6 + 0,25 = 0,85 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{\min} + Td_3 = 0,34 + 0,063 = 0,403 \text{ мм};$$

Знайдемо номінальні діаметри:

$$d_1^H = d_2^H + 2z_2^H = 151,253 + 6,35 = 157,603 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H + 2z_3^H = 150,403 + 0,85 = 151,253 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_5^H + 2z_5^H = 150 + 0,403 = 150,403 \text{ мм};$$

$$d_5^H = d_{\text{дет}}^H = 150 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^{\min} + Td_1 + Td_2 = 5,6 + 1,5 + 0,25 = 7,35 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 2z_3^H + Td_3 = 0,85 + 0,063 = 0,913 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 2z_5^H + Td_5 = 0,403 + 0,025 = 0,428 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_o^H = \sum 2z_i^H = 6,35 + 0,85 + 0,403 = 7,603 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$1. d_{заз}^H - d_{дет}^H = 2z_o^H$$

$$157,603 - 150 = 7,603$$

$$7,603 = 7,603 - \text{вірно.}$$

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

$$7,35 - 5,6 = 1,5 + 0,25$$

$$1,75 = 1,75 - \text{вірно.}$$

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

$$0,913 - 0,6 = 0,25 + 0,063$$

$$0,313 = 0,313 - \text{вірно.}$$

$$2z_5^{max} - 2z_5^{min} = Td_3 + Td_5;$$

$$0,428 - 0,34 = 0,063 + 0,025$$

$$0,088 = 0,088 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.5.

Циліндрична внутрішня поверхня $\emptyset 62,048H5$

Розрахунково-аналітичний метод:

Визначаємо висоту нерівностей R_z та висоту дефектного шару h
[2, с. 19, табл. 3.7]: $R_z = 40$ мкм; $h = 100$ мкм.

За переходами:

1. Розточування чорнове $R_z = 30$ мкм; $h = 75$ мкм.

2. Розточування чистове. $R_z = 20$ мкм; $h = 20$ мкм.

3. Шліфування $R_z = 10$ мкм; $h = 15$ мкм.

Таблиця 1.5 - Розрахунок припусків на обробку поверхні
 $\varnothing 150_{-0,025}^{+0,025}$ мм

	Операції	es, мм	ei, мм	Td, мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготовка	+0,75	-0,75	1,5	-	156,703	$\varnothing 156,7 \pm 0,75$	-	-
2	Чорнове точіння	-	-0,25	0,25	6,35	151,253	$\varnothing 151,25_{-0,25}$	7,35	5,6
3	Чистове точіння	-	-0,063	0,063	0,85	150,403	$\varnothing 150,4_{-0,063}$	0,913	0,6
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування остаточне	-	-0,025	0,025	0,403	150	$\varnothing 150_{-0,025}$	0,428	0,34

Визначимо значення просторових відхилень ρ для заготовки
 [2, с. 21, табл. 3.8]:

$$\rho_{кор}^{табл} = 1 \text{ мкм/мм}$$

$$\rho_{кор} = \rho_{кор}^{табл} \cdot l = 1 \cdot 58 = 58 \text{ мкм}$$

$$\rho_{смейц} = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм}$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{смейц}^2} = \sqrt{58^2 + 800^2} = 802 \text{ мкм}$$

За переходами :

Коефіцієнти уточнення [4, с. 190, табл. 29]:

$$K_{ураст.чорн.} = 0,06 ; K_{ураст.чист.} = 0,04 ; K_{ушліф.} = 0,03$$

$$\rho_2 = 802 \cdot 0,06 = 49 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 49 \cdot 0,04 = 2 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = \rho_{кор.Т/О} \cdot l = 0.5 \cdot 58 = 29 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 29 \cdot 0,03 = 1 \text{ мкм}$$

де $\rho_{кор.Т/О} = 0,5 \text{ мкм/мм}$ [4, с.186, т.16] - короблення заготовки після термообробки;

Визначення мінімальних припусків:

$$2z_2^{min} = 2(40 + 100 + \sqrt{802^2 + 200^2}) = 1,93 \text{ мм};$$

$$2z_3^{min} = 2(30 + 75 + \sqrt{49^2 + 80^2}) = 0,4 \text{ мм};$$

$$2z_5^{min} = 2(20 + 30 + \sqrt{29^2 + 50^2}) = 0,2 \text{ мм};$$

Визначення номінальних припусків:

$$2z_2^H = 2z_2^{min} + es_1 = 1,93 + 0,6 = 2,53 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{min} + Td_2 = 0,4 + 0,12 = 0,52 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{min} + Td_3 = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ мм};$$

Визначимо номінальні діаметри:

$$d_1^H = d_2^H - 2z_2^H = 61,298 - 2,53 = 58,768 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H - 2z_3^H = 61,818 - 0,52 = 61,298 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_5^H - 2z_5^H = 62,048 - 0,23 = 61,818 \text{ мм};$$

$$d_5^H = d_{dem}^H = 62,048 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$2z_2^{max} = 2z_2^{min} + Td_1 + Td_2 = 1,93 + 1,2 + 0,12 = 3,25 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = 2z_3^{min} + Td_3 = 0,52 + 0,03 = 0,55 \text{ мм};$$

$$2z_5^{max} = 2z_5^H + Td_5 = 0,23 + 0,018 = 0,248 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_o^H = \sum 2z_i^H = 2,53 + 0,52 + 0,23 = 3,28 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$1. d_{dem}^H - d_{zag}^H = 2z_o^H$$

$$62,048 - 58,768 = 3,28$$

$$3,28 = 3,28 - \text{вірно.}$$

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

$$3,25 - 1,93 = 1,2 + 0,12$$

$$1,32 = 1,32 - \text{вірно.}$$

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

$$0,55 - 0,4 = 0,12 + 0,03$$

$$0,15 = 0,15 - \text{вірно.}$$

$$2z_5^{max} - 2z_5^{min} = Td_3 + Td_5;$$

$$0,248 - 0,2 = 0,03 + 0,018$$

$$0,048 = 0,048 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 - Розрахунок припусків на обробку поверхні Ø62,048H5

	Операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε_i , мкм	Td, мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Викон. р-р d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівельна	40	100	802	-	1,2	-	58,768	$\varnothing 58,8 \pm 0,6$	-	-
2	Розточування чорнове	30	75	49	200	0,12	2,53	61,298	$\varnothing 61,3^{+0,12}$	3,25	1,93
3	Розточування чистове	20	20	2	80	0,03	0,52	61,818	$\varnothing 61,82^{+0,03}$	0,55	0,4
4	Т/О	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування	10	15	0	50	0,018	0,23	62,048	$\varnothing 62,048^{+0,018}$	0,248	0,2

1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу

Етапи призначення режимів різання

I. Вибір ріжучого інструменту

II. Призначення стійкості ріжучого інструменту T, хв. Обираємо з таблиць з довідника [3] в залежності від типу, матеріалу і геометрії інструмента та параметрів заготовки.

III. Призначення глибини різання t, мм

- для точіння, круглого шліфування, розточування, розгортання, зенкерування:

$$t = \frac{d_{i-1} - d_i}{2}$$

де d_{i-1} – розмір деталі, отриманий на попередній операції, мм;

d_i – розмір, який отримують на даній операції, мм.

- для свердління

$$t = \frac{d_{св.}}{2}$$

де $d_{св.}$ – діаметр свердла, мм.

IV. Призначення подачі

1) Обираємо $S_{табл}$, мм/об за спеціальними таблицями;

2) Знаходимо $S_{розр}$, мм/об;

Для точіння:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{S3} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm}$$

де K_{Sn} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{Su} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента;

$K_{S\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхні;

K_{S3} – коефіцієнт, що враховує термообробку;

$K_{Sж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі.

Для свердління:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Si} \cdot K_{Su} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm}$$

де K_{Si} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

K_{Sd} – коефіцієнт, який враховує тип оброблюваного отвору.

Для фрезерування:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{SR}$$

де K_{Sc} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні.

Для шліфування:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{Vk} \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_h$$

де K_R – коефіцієнт, що враховує радіус галтелі;

K_D – коефіцієнт, який враховує діаметр круга;

K_{Vk} – коефіцієнт, що враховує швидкість круга;

K_t – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_T – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_h – коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

3) Визначаємо S_o , мм/об за паспортом верстата.

V. Швидкість різання

1) Обираємо $V_{табл}$, м/мин за спеціальними таблицями;

2) Знаходимо $V_{розр}$, м/мин

Для точіння:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vз} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo}$$

де K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані.

Для свердління:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vd} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo}$$

де K_{Vl} – коефіцієнт, що враховує довжину свердління.

Для фрезерування:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vc} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VB}$$

K_{VB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної.

VI. Визначаємо кількість обертів n , об/хв

1) Визначаємо $n_{розр}$

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{\pi \cdot d}$$

2) За паспортом верстата приймаємо найближче менше значення $n_{верст}$, об/хв

3) Знаходимо фактичну швидкість різання V_ϕ , м/хв

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{верст}}{1000}$$

VII. Визначаємо силу різання P_z , Н для точіння та $P_{ос}$ й $M_{кр}$ для свердління за описаною нижче методикою.

VIII. Визначаємо потрібну потужність для виконання переходу

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}$$

Якщо $N_{ef} < N_{ст}$, то дану операцію можливо здійснити на обраному верстаті.

Технологічне нормування

Технологічне нормування – встановлення техніко-економічних показників – норм часу (тривалість кожної операції ТП).

У серійному виробництві технічна норма часу виражається нормою штучно-калькуляційного часу.

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв;

$t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

n – об'єм партії, шт.

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{приб}}$$

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_b$$

$$t_{\text{приб}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma}$$

де $t_{\text{оп}}$ – операційний час, хв;

$t_{\text{приб}}$ – прибавочний час, хв;

α_{Σ} – коефіцієнт прибавочного часу;

t_o – основний час, хв;

t_b – допоміжний час, хв.

$$t_o = \sum t_{oj},$$

$$t_{oj} = \sum t_{oi},$$

$$t_{oi} = \frac{l_{\text{р.х.}}}{S_o * n} * i$$

де t_{oj} – основний час i -го переходу, хв;

t_{oi} – основний час обробки i -ї поверхні, хв;

$l_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів.

Для шліфування основний час за формулою:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{рез}} \cdot z \cdot k}{S_o \cdot S_p \cdot n_{\text{дет}}} \cdot i$$

$$t_v = k \cdot (t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{шп}} + t_{\text{шв}} + t_{\text{контр}})$$

де k – коефіцієнт, що враховує серійність;

$t_{\text{уст}}, t_{\text{зн}}$ - час на установку та зняття заготовки, хв;

$t_{\text{упр}}$ – час, необхідний на управління верстатом, хв;

$t_{\text{шп}}, t_{\text{шв}}$ - швидке підведення та відведення інструменту в початкове положення, хв;

$t_{\text{контр}}$ – час на вимірення та контроль основних параметрів деталі, хв;

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{выкл}} + t_{\text{поворотарг}} + t_{\text{пер.част.}} + t_{\text{огр}}$$

де $t_{\text{вкл}}$ и $t_{\text{выкл}}$ - час на вмикання та вимикання верстата, хв;

$t_{\text{поворотарг}}$ – час на поворот револьверної головки в наступну позицію, хв;

$t_{\text{пер.част.}}$ – час на переключення частоти обертання шпинделя, хв;

$t_{\text{огр}}$ - час на огорожу від стружки, хв.

Операція 020 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр-2М12СН.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

Інструмент: різець 25х30, $\varphi = 30^\circ$, Т5К10, R=0,8 мм - 3шт;

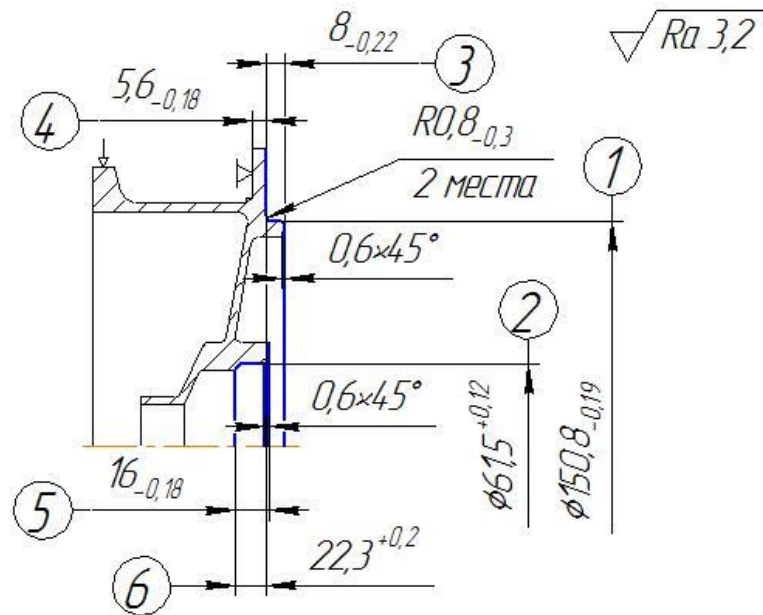


Рисунок 1.5 - Операційний ескіз токарної операції

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{152-150,8}{2} = 0,6 \text{ мм};$$

$$t_2 = \frac{61,5-54}{2} = 3,75 \text{ мм};$$

$$t_3 = 8,5 - 8 = 0,5 \text{ мм};$$

$$t_4 = 7,5 - 5,6 = 1,9 \text{ мм}.$$

Перехід 1: Точити поверхні 1,3,4.

Обираємо подачу за [3, с.237, т.26]: $S_{табл} = 0,3$ мм/об.

За формулою (1.15) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,255 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sn} = 1$ —для поверхні без корки;

$K_{Su} = 1$ —для інструменту із твердого сплаву;

$$K_{S\phi} = 1;$$

$$K_{S_3} = 1;$$

$$K_{S_{ж}} = 1 \text{ — для оброблюваного діаметра більше ніж 150 мм};$$

$$K_{S_m} = 0,85 \text{ — для титанового сплаву ВТ-5Л.}$$

Приймаємо $S_o = 0,25$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.249, т.46]: $V_{табл} = 89$ м/хв.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.19):

$$V_{розр} = 89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,3 = 98,3 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ — для поверхні без корки;

$$K_{Vu} = 1 \text{ — для інструменту із твердого сплаву};$$

$$K_{V_3} = 1;$$

$$K_{V_{ж}} = 1 \text{ — для оброблюваного діаметра більше ніж 150 мм};$$

$$K_{V_m} = 0,85 \text{ — для титанового сплаву ВТ-5Л};$$

$$K_{Vo} = 1 \text{ — обробка з ЗОР};$$

$$K_{V\phi} = 1,3 \text{ — коефіцієнт, що враховує кут в плані } 30^\circ.$$

За формулою (1.22) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 98,3}{3,14 \cdot 150,8} = 208 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 199 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 150,8 \cdot 199}{1000} = 94,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Перехід 2: Точити поверхні 2,5,6.

Обираємо подачу за [3, с.237, т.26]: $S_{табл} = 0,24$ мм/об.

За формулою (1.15) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,24 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,85 = 0,17 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sn} = 1$ —для поверхні без корки;

$K_{Su} = 1$ —для інструменту із твердого сплаву;

$K_{S\phi} = 1$;

$K_{S3} = 1$;

$K_{Sж} = 0,83$ —для оброблюваного діаметра до 70 мм;

$K_{Sm} = 0,85$ —для титанового сплаву ВТ-5Л.

Приймаємо $S_o = 0,15$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3,с.249, т.46]: $V_{табл} = 74$ м/хв.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.19):

$$V_{розр} = 60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,3 = 54,4 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ —для поверхні без корки;

$K_{Vu} = 1$ —для інструменту із твердого сплаву;

$K_{V3} = 1$;

$K_{Vж} = 0,82$ —для оброблюваного діаметра до 70 мм;

$K_{Vm} = 0,85$ —для титанового сплаву ВТ-5Л;

$K_{Vo} = 1$ — обробка з ЗОР;

$K_{V\phi} = 1,3$ — коефіцієнт, що враховує кут в плані 30° .

За формулою (1.22) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 54,4}{3,14 \cdot 61,5} = 281,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 275 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 61,5 \cdot 275}{1000} = 53,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Сила різання (для лімітуючого переходу):

$$P_{\text{табл}} = 159 \text{ Н [4, с. 92, карта 20]}$$

$$P = P_{\text{табл}} \cdot K_{1p} \cdot K_{2p} = 159 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 139,92 \text{ Н}$$

$$N_{ef} = \frac{139,92 \cdot 48}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна: $N = 4,0 \text{ кВт [4, с. 92, карта 20]}$.

Так як $N_{ef} = 0,1 \text{ кВт} < N_{cm} = 4 \text{ кВт}$, то дану операцію можливо здійснити на обраному верстаті.

Основний час:

Перехід 1 :

Основний час за формулою (1.31):

$$\text{Поверхня 1: } L_1 = 5 + 0 + 8,5 = 13,5 \text{ мм}$$

$$\text{Поверхня 3: } L_3 = 5 + 5 + 150,8/2 = 85,4 \text{ мм}$$

$$\text{Поверхня 4: } L_4 = 5 + 0 + \frac{203-150,8}{2} = 31,1 \text{ мм}$$

$$T_{осн 1} = \frac{13,5 + 85,4 + 31,1}{0,5 \cdot 150} = 1,73 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

Поверхня 2: $L_1 = 5 + 0 + 16 = 21$ мм

Поверхня 5: $L_3 = 5 + 0 + \frac{61,5}{2} = 35,75$ мм

Поверхня 6: $L_4 = 5 + 0 + \frac{71}{2} = 45,5$ мм

$$T_{осн\ 2} = \frac{21 + 35,75 + 45,5}{0,4 \cdot 250} = 1,1 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.29):

$$T_o = T_{осн\ 1} + T_{осн\ 2} = 1,73 + 1,1 = 2,83 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.33):

$T_{уст} = 0,67$ хв [5, Карта 51, стр.138];

$T_{упр} = 0,08 + 0,05 + 0,15 + 0,03 = 0,31$ хв [5, Карта 60-61, стр.150];

$T_{контр} = 0,12 + 0,06 = 0,18$ хв [5, Карта 64, стр.160];

$$T_{дон} = 0,67 + 0,31 + 0,18 = 1,16 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.27):

$$T_{он} = 2,83 + 1,16 = 3,99 \text{ хв.}$$

Прибавочний час за формулою (1.28):

$$T_{приб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 3,99 = 0,44 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.25):

$$T_{\text{ит-к}} = 3,99 + 0,44 + \frac{19}{144} = 4,56 \text{ хв.}$$

Операція 045 Свердлильна з ЧПК

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК MC-654D.

Інструмент: свердло $\varnothing 7$ мм ГОСТ2034-80, матеріал Р6М5;

свердло $\varnothing 9$ мм ГОСТ 2034-80, матеріал Р6М5;

свердло $\varnothing 4$ мм ГОСТ 2034-80, матеріал Р6М5;

зенкер $\varnothing 15$ мм ГОСТ 1677-75, матеріал Р6М5;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ мм;}$$

$$t_2 = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм;}$$

$$t_3 = \frac{4}{2} = 2 \text{ мм;}$$

$$t_4 = 0,6 \text{ мм.}$$

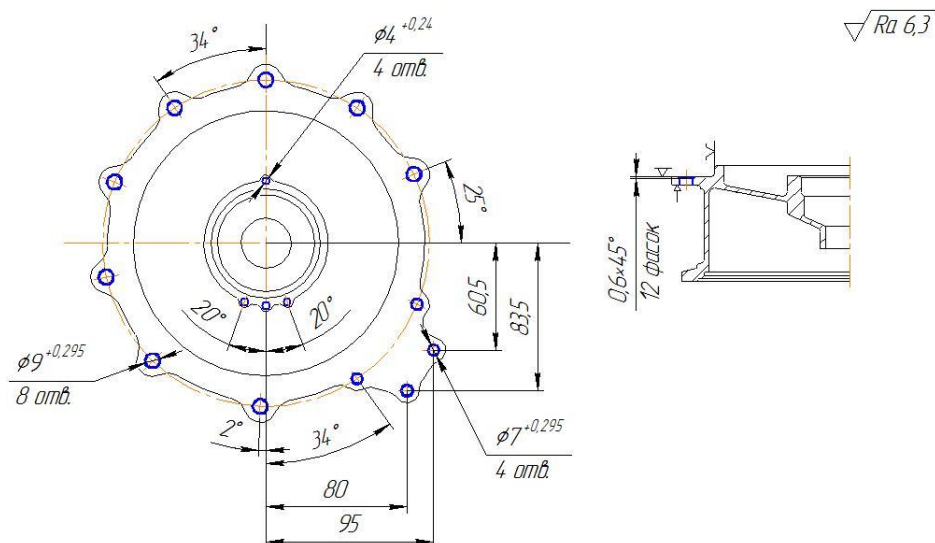


Рисунок 1.6 - Операційний ескіз свердлильної операції

Перехід 1: Свердлити 8 отворів $\varnothing 9$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{табл} = 0,25$ мм/об.

За формулою (1.16) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,14 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Su} = 1$ — для інструменту із швидкоріжучої сталі;

$K_{Sd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{Sm} = 0,55$ — для титанового сплаву ВТ-5Л.

Приймаємо $S_o = 0,1$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.273, т.70]: $V_{табл} = 6$ м/хв.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.0):

$$V_{розр} = 6 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 4,4 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ — для поверхні без корки;

$K_{Vu} = 0,73$ — для інструменту з Р6М5;

$K_{Vd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Vo} = 1$ — обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 4,4}{3,14 \cdot 9} = 155 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 150 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 150}{1000} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Перехід 2: Свердлити 4 отвори $\phi 7$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{\text{табл}} = 0,2$ мм/об.

За формулою (1.16) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,11 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 1$ – для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Su} = 1$ – для інструменту із швидкоріжучої сталі;

$K_{Sd} = 1$ – для наскрізного отвору;

$K_{Sm} = 0,55$ – для титанового сплаву ВТ-5Л.

Приймаємо $S_o = 0,1$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.273, т.70]: $V_{\text{табл}} = 8$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 8 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 5,8 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vu} = 0,73$ – для інструменту з Р6М5;

$K_{Vd} = 1$ – для наскрізного отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 1$ – для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 5,8}{3,14 \cdot 7} = 263 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 250 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 250}{1000} = 5,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 3: Свердлити 4 отвори $\varnothing 4$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{\text{табл}} = 0,08$ мм/об.

За формулою (1.15) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,55 = 0,022 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 1$ — для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Su} = 1$ — для інструменту із швидкоріжучої сталі;

$K_{Sd} = 0,5$ — для глухого отвору;

$K_{Sm} = 0,55$ — для титанового сплаву ВТ-5Л.

Приймаємо $S_o = 0,02$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.273, т.70]: $V_{\text{табл}} = 25$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 25 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 15,5 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ — для поверхні без корки;

$K_{Vu} = 0,73$ — для інструменту з Р6М5;

$K_{Vd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 0,85$ — для глибини свердління $< 5D$;

$K_{V0} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 15,5}{3,14 \cdot 4} = 1234 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 400 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$, так як оброблюємий матеріал – титановий сплав, який необхідно обробляти на занижених режимах.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1200}{1000} = 15 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 4: Зенкувати 12 фасок $0,6 \times 45^\circ$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.277, т.73]: $S_{табл} = 1,5$ мм/об.

За формулою (1.16) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 1,5 \cdot 1 \cdot 0,27 = 0,405 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sd} = 1$ – для наскрізного отвору;

$K_{Sm} = 0,27$ – для титанового сплаву ВТ-5Л.

Приймаємо $S_o = 0,4$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.283, т.84]: $V_{табл} = 7,5$ м/хв.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.20):

$$V_{розр} = 7,5 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 5,5 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vu} = 0,76$ – для інструменту з Р6М5;

$K_{Vd} = 1$ – для наскрізного отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 1$ – для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 5,5}{3,14 \cdot 7} = 25 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 25 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 25}{1000} = 5,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час:

Переход 1 :

Основний час за формулою (1.31):

$$L_1 = 5 + 5 + 4 = 14 \text{ мм}$$

$$T_{осн 1} = \frac{14}{0,1 \cdot 150} \cdot 8 = 7,5 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$L_2 = 5 + 5 + 4 = 14 \text{ мм}$$

$$T_{осн 2} = \frac{14}{0,1 \cdot 250} \cdot 4 = 2,24 \text{ хв.}$$

Перехід 3:

$$L_3 = 5 + 0 + 18 = 23 \text{ мм}$$

$$T_{осн 2} = \frac{23}{0,02 \cdot 1200} \cdot 4 = 3,83 \text{ хв.}$$

Перехід 4:

$$L_3 = 5 + 0 + 0,6 = 5,6 \text{ мм}$$

$$T_{осн 2} = \frac{5,6}{0,4 \cdot 25} \cdot 12 = 6,72 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.29):

$$T_o = T_{осн 1} + T_{осн 2} + T_{осн 3} + T_{осн 4} = 7,5 + 2,24 + 3,83 + 6,72 = 20,29 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.33):

$$T_{уст} = 0,53 \text{ хв [5, Карта 81, стр.158];}$$

$$T_{упр} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [5, Карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{контр} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв[5, Карта 88, стр.172];}$$

$$T_{дон} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.27):

$$T_{он} = 20,29 + 0,99 = 21,28 \text{ хв.}$$

Прибавочний час за формулою (1.28):

$$T_{проб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 21,28 = 2,34 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.25):

$$T_{шт-к} = 21,28 + 2,34 + \frac{29}{144} = 23,83 \text{ хв.}$$

Операція 050 Фрезерна з ЧПК

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК MC-654D.

Інструмент: фреза $\varnothing$ 12 мм СТП 549.14.225-86, матеріал P9M4K8;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання: $t_1 = 8,5$ мм;

Перехід 1: Фрезерувати паз 1.

Обираємо подачу на зуб за [3, с.305, т.113]: $S_{Zтабл} = 0,05$ мм/зуб.

За формулою (1.17) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,05 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,016 \text{ мм/об}$$

де $K_{V\phi} = 0,66$ — для обробки пазу;

$K_{Vu} = 1$ — для інструменту з швидкоріжучої сталі;

$K_{SR} = 0,5$.

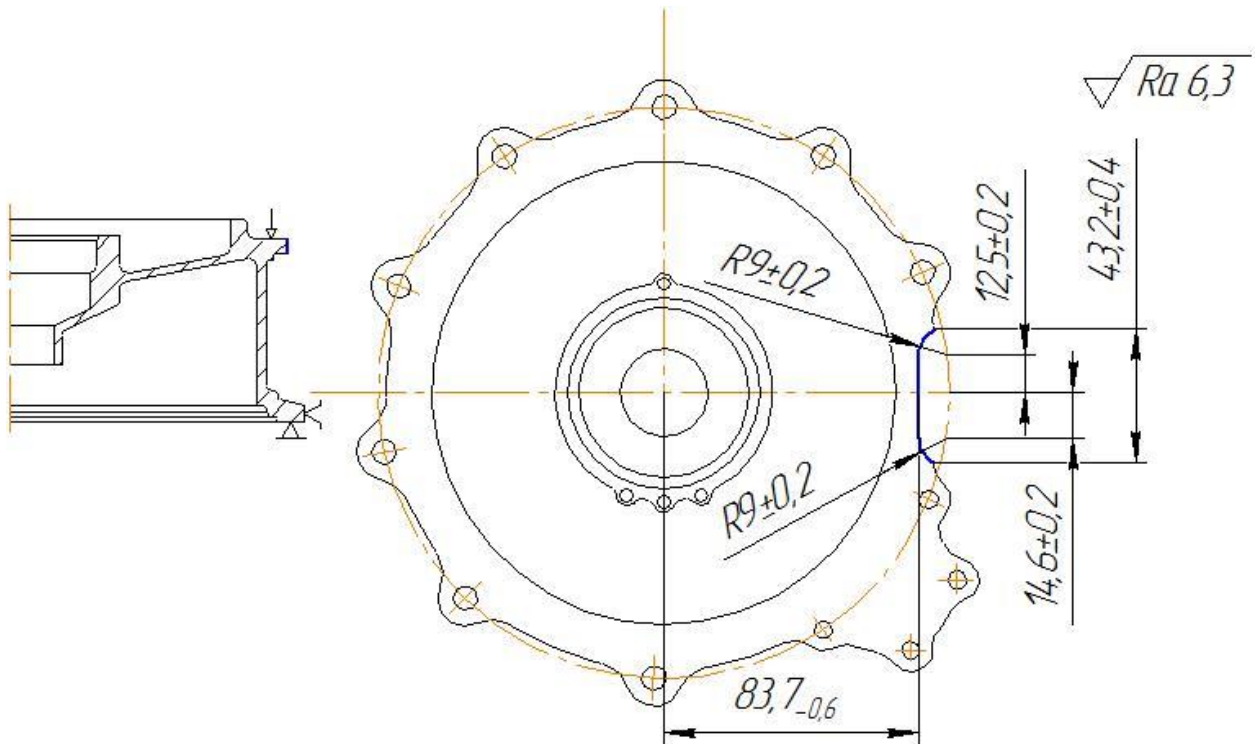


Рисунок 1.7 - Операційний ескіз фрезерної операції

$$S_o = S_{Z_{розр}} \cdot Z = 0,016 \cdot 4 = 0,064 \text{ мм/об}$$

де $Z=4$ – кількість зубів фрези.

Приймаємо $S_o = 0,06$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3,с.320, т.133]: $V_{табл} = 25$ м/хв.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.21):

$$V_{розр} = 25 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 27,5 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vп} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vф} = 1$ – для обробки пазу;

$K_{Vu} = 1,1$ – для інструменту з P9M4K8;

$K_{VB} = 1$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 185} = 57 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 50 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 185 \cdot 50}{1000} = 23,3 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час:

Основний час за формулою (1.31):

$$L_1 = 5 + 5 + 50 = 60 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{60}{0,06 \cdot 50} \cdot 4 = 80 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.33):

$$T_{\text{уст}} = 0,53 \text{ хв [5, Карта 81, стр.158];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [5, Карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв [5, Карта 88, стр.172];}$$

$$T_{\text{дон}} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.27):

$$T_{\text{он}} = 80 + 0,99 = 80,99 \text{ хв.}$$

Прибавочний час за формулою (1.28):

$$T_{приб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 80,99 = 8,9 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.25):

$$T_{шт-к} = 80,99 + 8,9 + \frac{29}{144} = 90,1 \text{ хв.}$$

Операція 040 Круглошліфувальна

Виконується на круглошліфувальному верстаті 3У142В.

Шліфувальний круг 5-200х30х63 24А 40СМ1К ГОСТ 2424-82, 35 м/с.

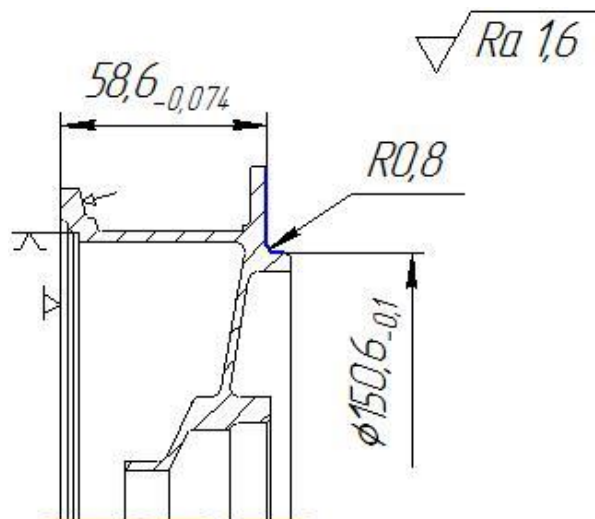


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз шліфувальної операції

Вибір радіальної подачі за [3, с.351, табл. 169]: $S_{табл} = 0,014 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.18) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,014 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,75 \cdot 0,76 = 0,005 \text{ мм/об}$$

де $K_M = 0,46$;

$$K_D = 1;$$

$$K_{Vk} = 1;$$

$$K_t = 1,4;$$

$$K_T = 0,75;$$

$$K_h = 0,76.$$

Приймаємо $S_o = 0,005$ мм/об.

Табличну швидкість обертання заготовки обираємо за [3, с.343, табл.161]: $V_{\text{дет}} = 40$ м/хв.

Частота обертання:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{кр}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{кр}}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 200} = 3343,95 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{дет}}}{\pi \cdot D_{\text{дет}}} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 200} = 63,7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n_{\text{кр}} = 3200 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$, $n_{\text{дет}} = 60 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Фактична швидкість:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 3200}{1000 \cdot 60} = 33,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$V_{\text{дет}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 60}{1000} = 37,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Основний час за формулою (1.32):

$$L = \frac{200 - 150,6}{2} + 5 + 0 = 29,7 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{29,7 \cdot 0,3 \cdot 1,7}{0,2 \cdot 0,005 \cdot 60} = 25,2 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.33):

$$T_{уст} = 0,43 \text{ хв [5, Карта 91, стр.188];}$$

$$T_{упр} = 0,08 + 0,05 + 0,2 + 0,03 = 0,36 \text{ хв [5, Карта 94, стр.190];}$$

$$T_{контр} = 0,15 + 0,06 = 0,21 \text{ хв[5, Карта 98, стр.194];}$$

$$T_{дон} = 0,43 + 0,36 + 0,21 = 1 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.27):

$$T_{он} = 25,2 + 1 = 26,2 \text{ хв.}$$

Прибавочний час за формулою (1.28):

$$T_{приб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 26,2 = 2,9 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.25):

$$T_{шт-к} = 26,2 + 2,9 + \frac{6}{144} = 29,1 \text{ хв.}$$

1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.7.1 Розробка токарної операції

Операція 020 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр-2М12СН.

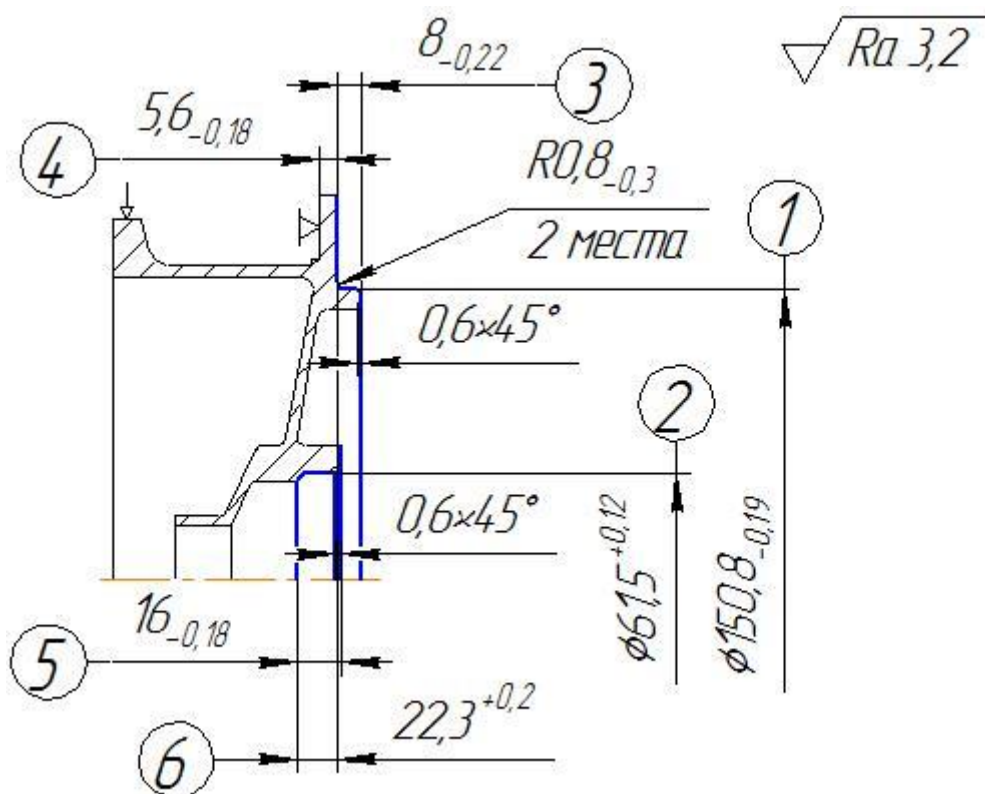


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз токарної операції

Перехід 1: Точити поверхні 1,3,4.

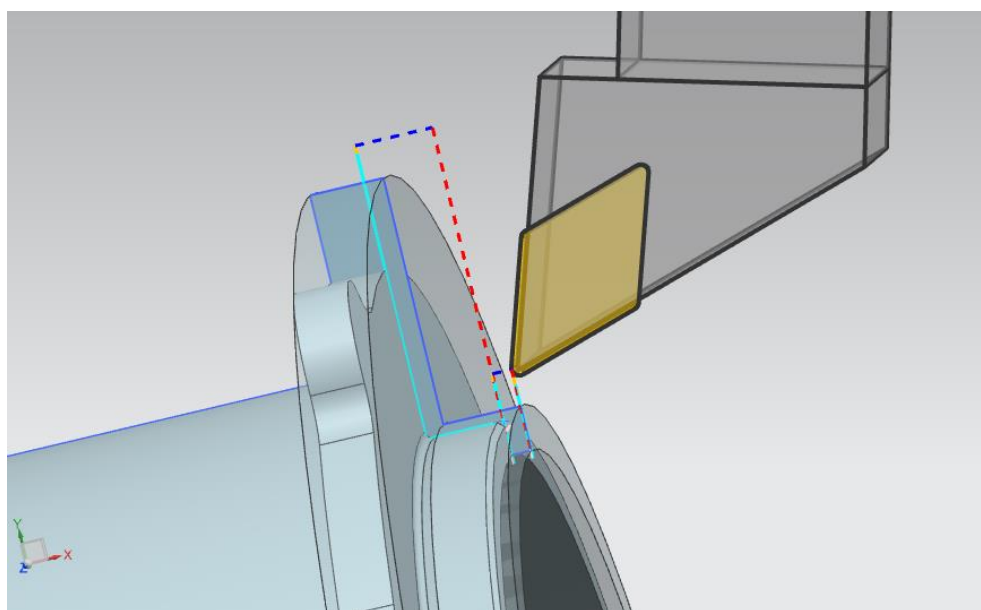


Рисунок 1.10 - Траекторія токарної операції (перехід 1)

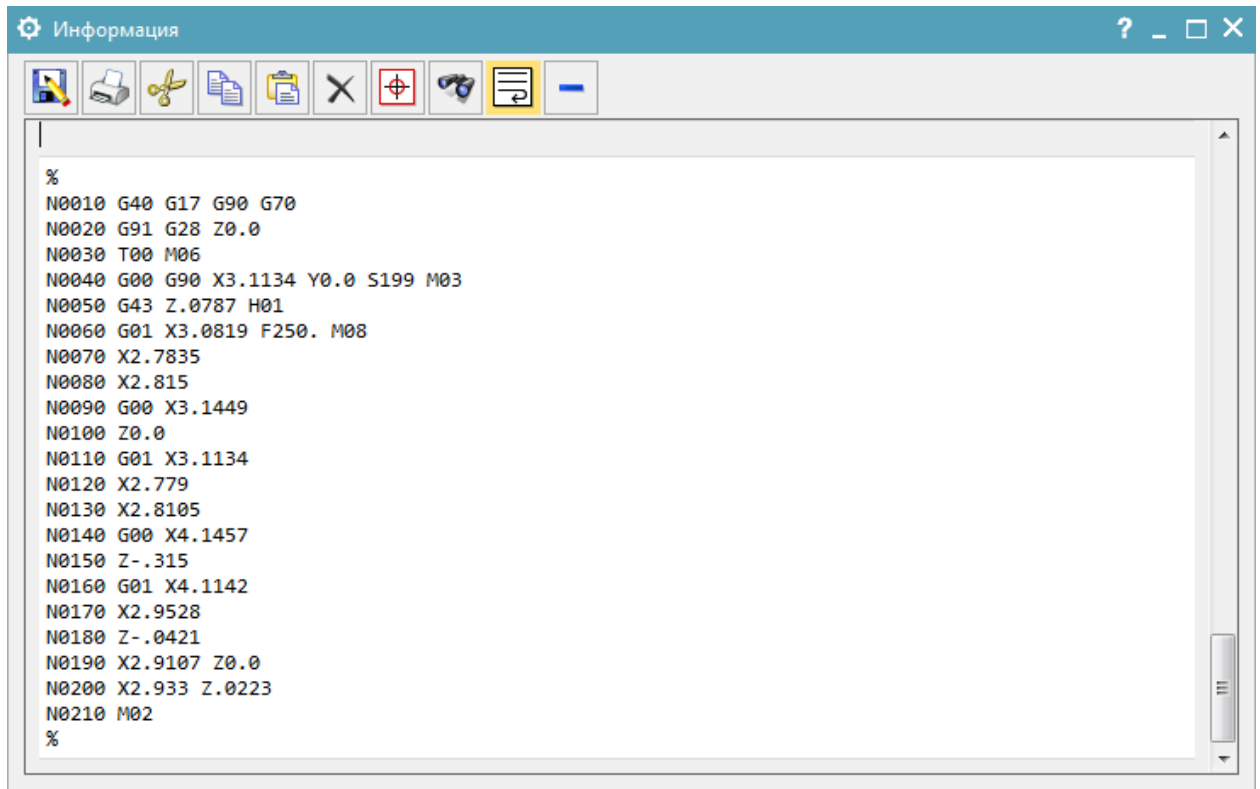


Рисунок 1.11- Керуюча програма токарної операції (перехід 1)

Перехід 2: Точити поверхні 2,5,6.

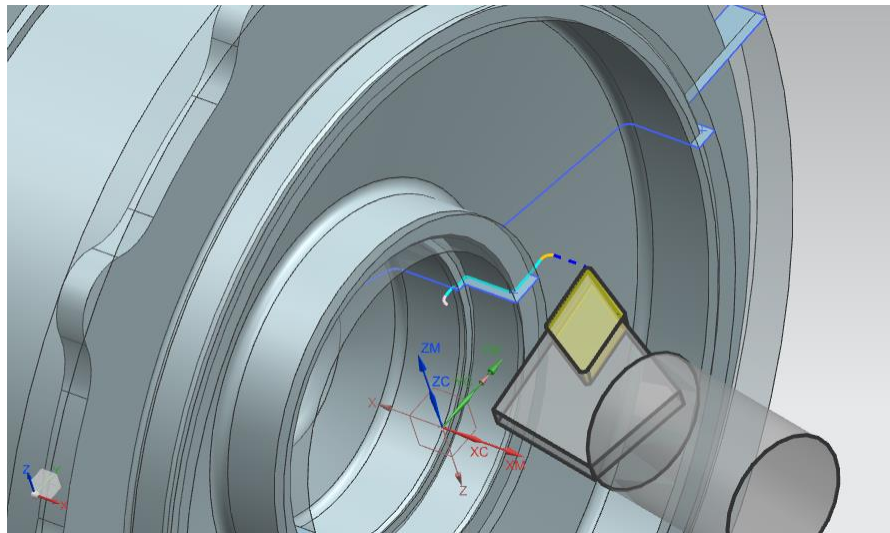


Рисунок 1.12- Траекторія токарної операції (перехід 2)

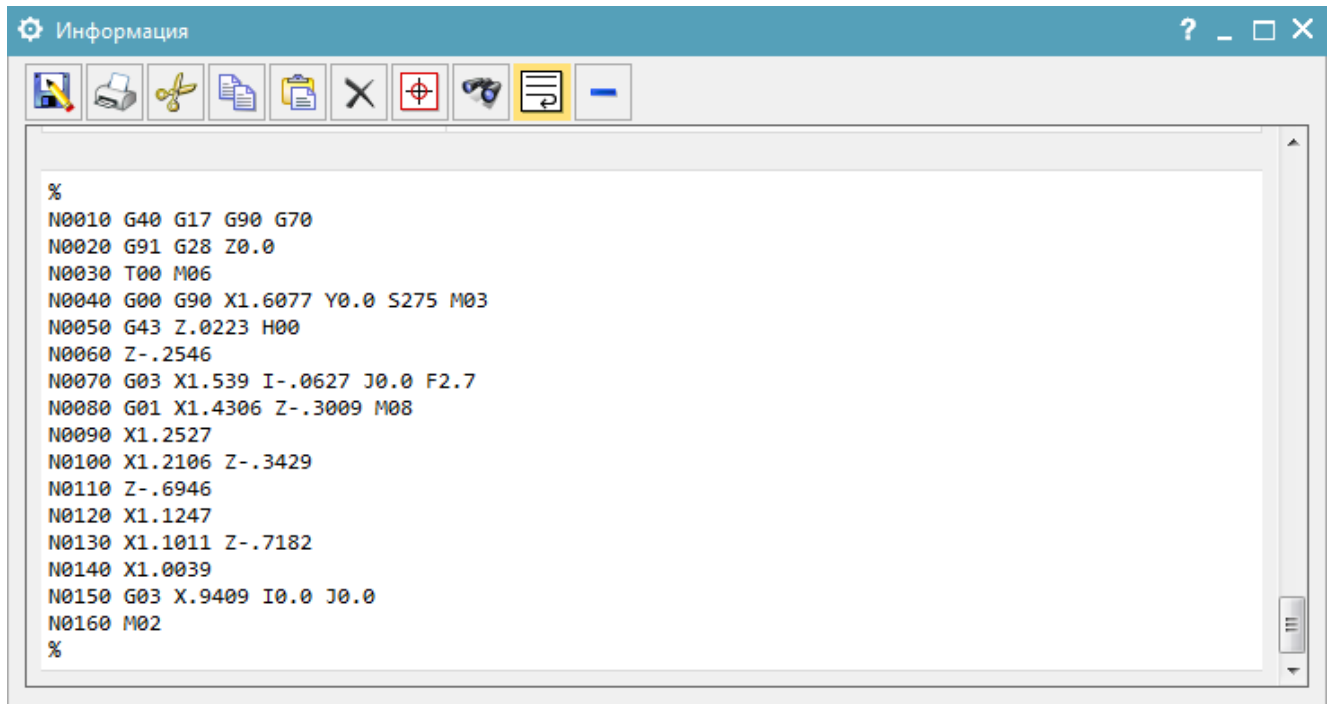


Рисунок 1.13- Керуюча програма токарної операції (перехід 2)

1.7.2 Розробка свердлильної операції

Операція 045 Свердлильна з ЧПК

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК MC-654D.

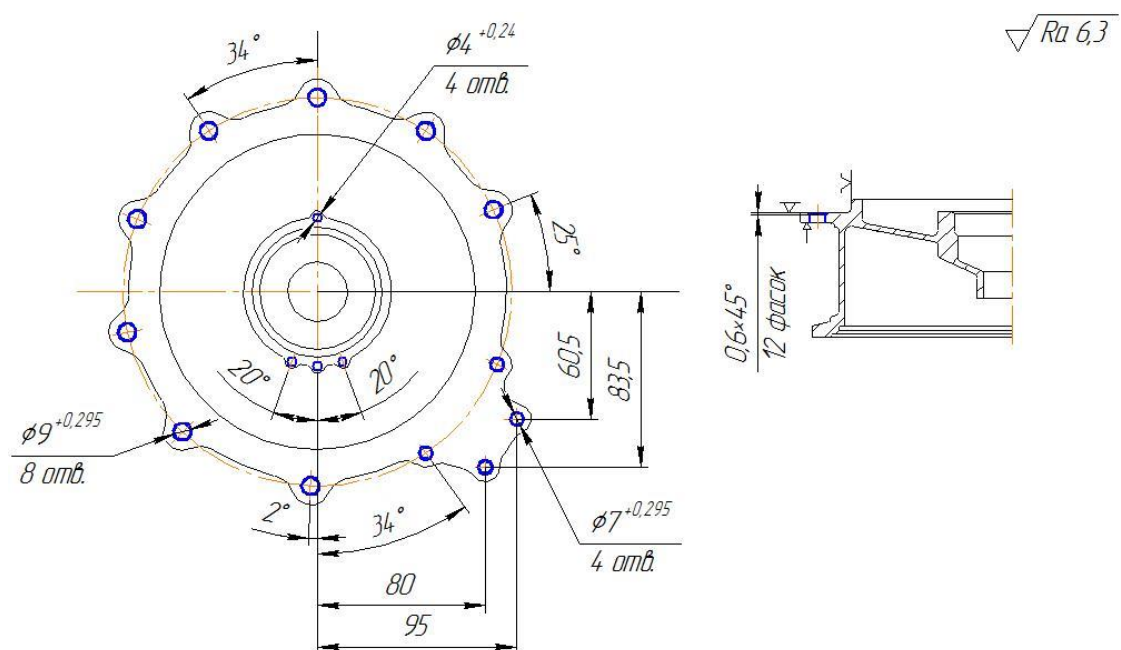


Рисунок 1.14 - Операційний ескіз свердлильної операції

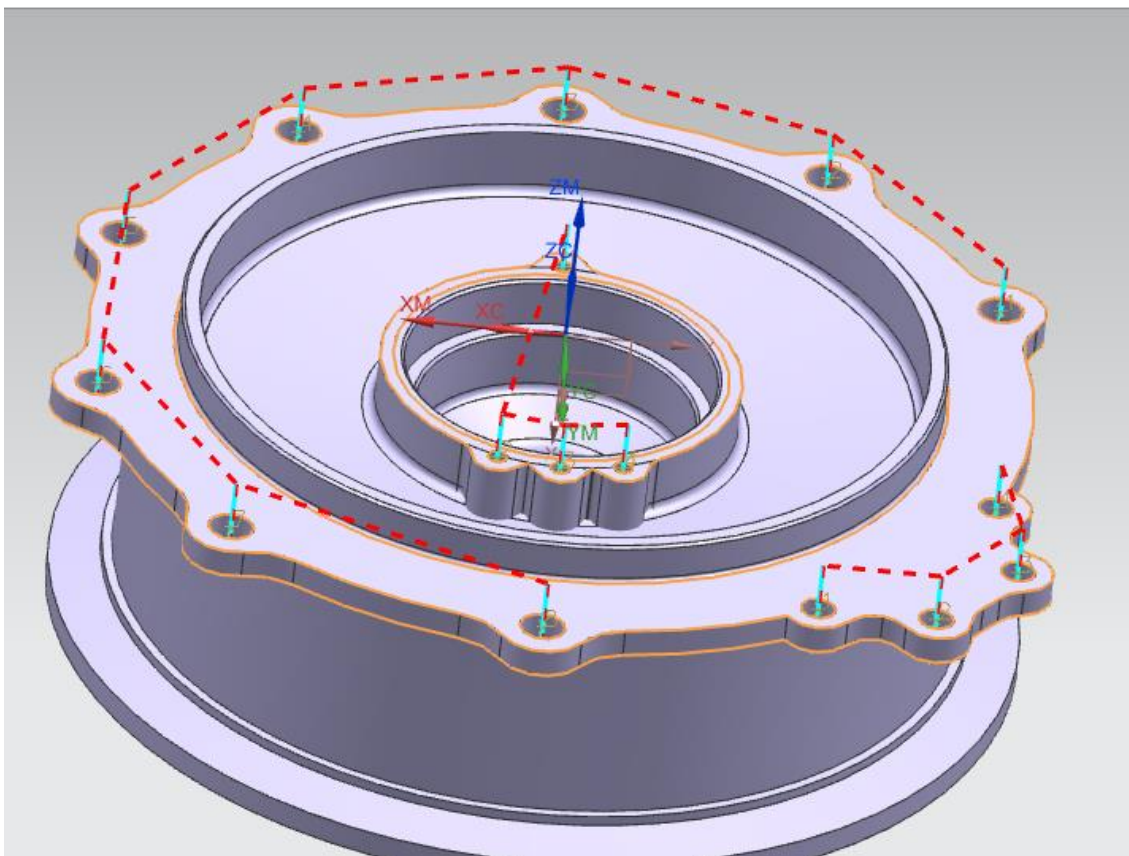


Рисунок 1.15 - Траекторія свердильної операції

Перехід 1: свердлити 8 отворів $\varnothing 9\text{мм}$.

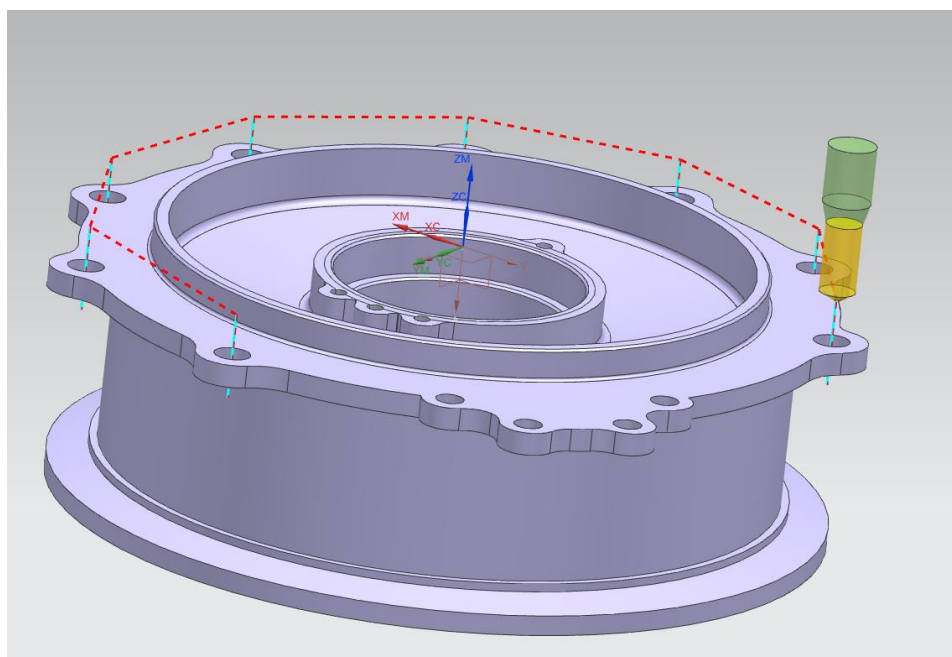


Рисунок 1.16 - Траекторія свердильної операції (перехід 1)

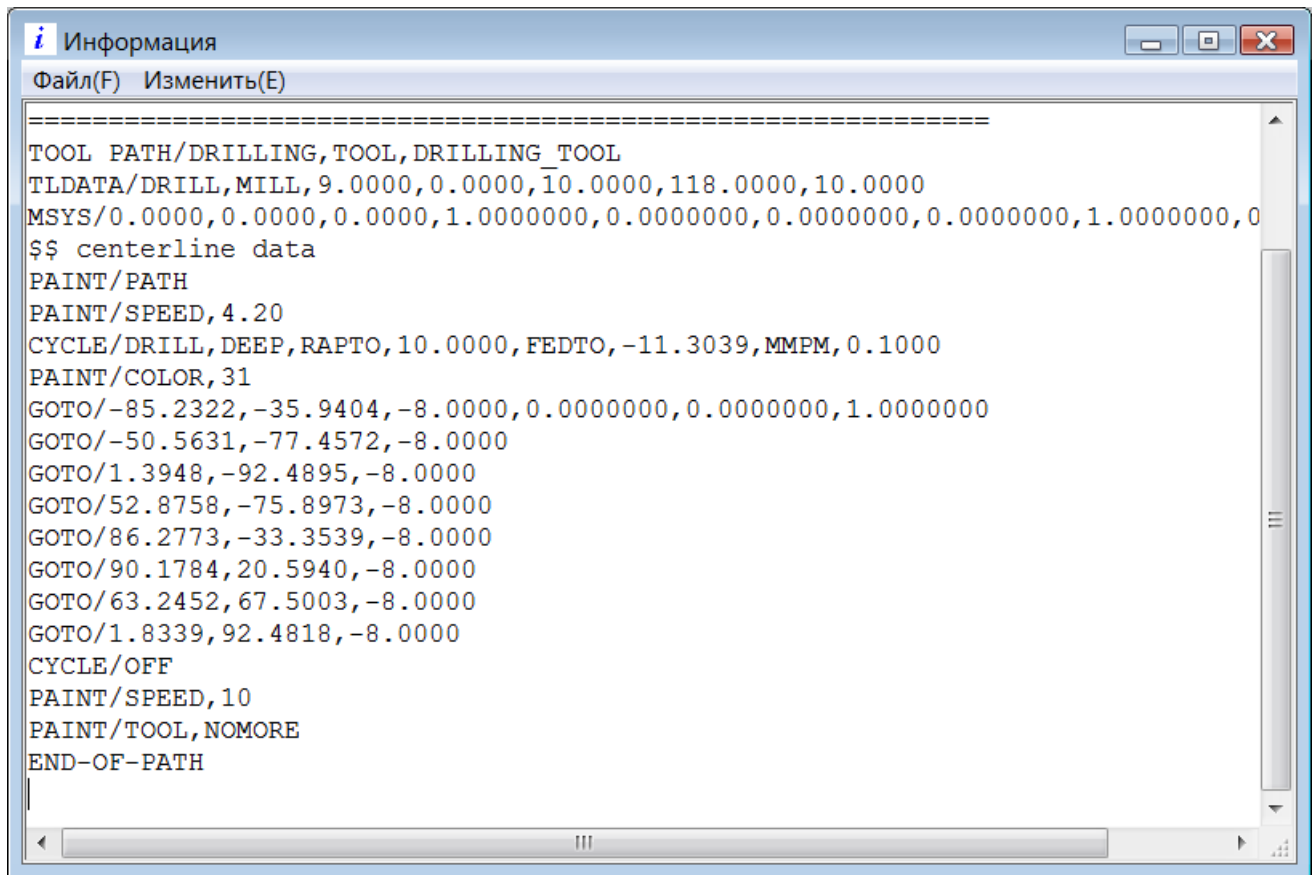


Рисунок 1.17 - Керуюча програма свердлильної операції (перехід 1)

Перехід 2: свердлити 4 отворів Ø7 мм.

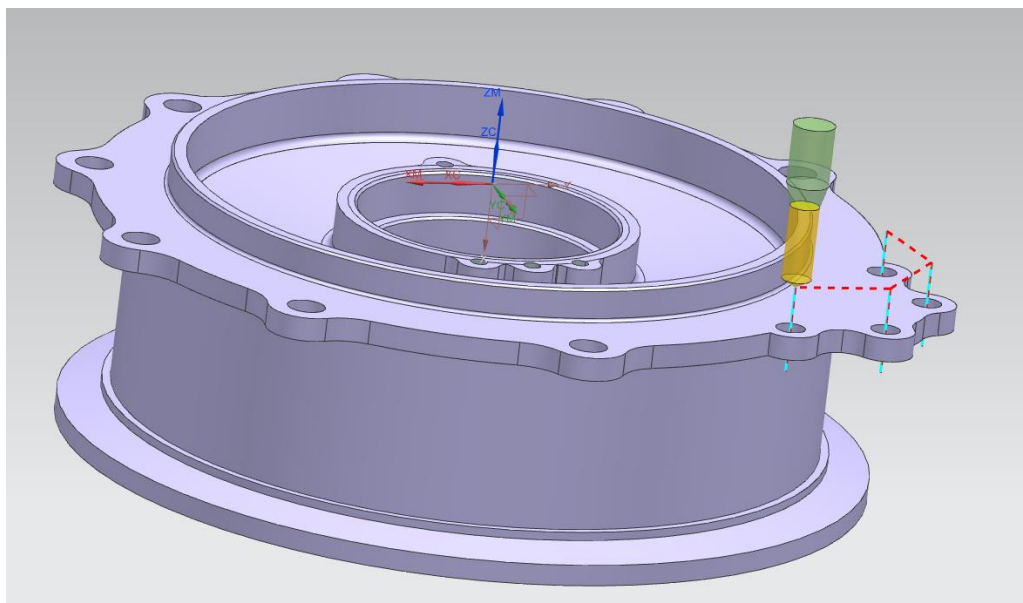


Рисунок 1.18 - Траекторія свердлильної операції (перехід 2)

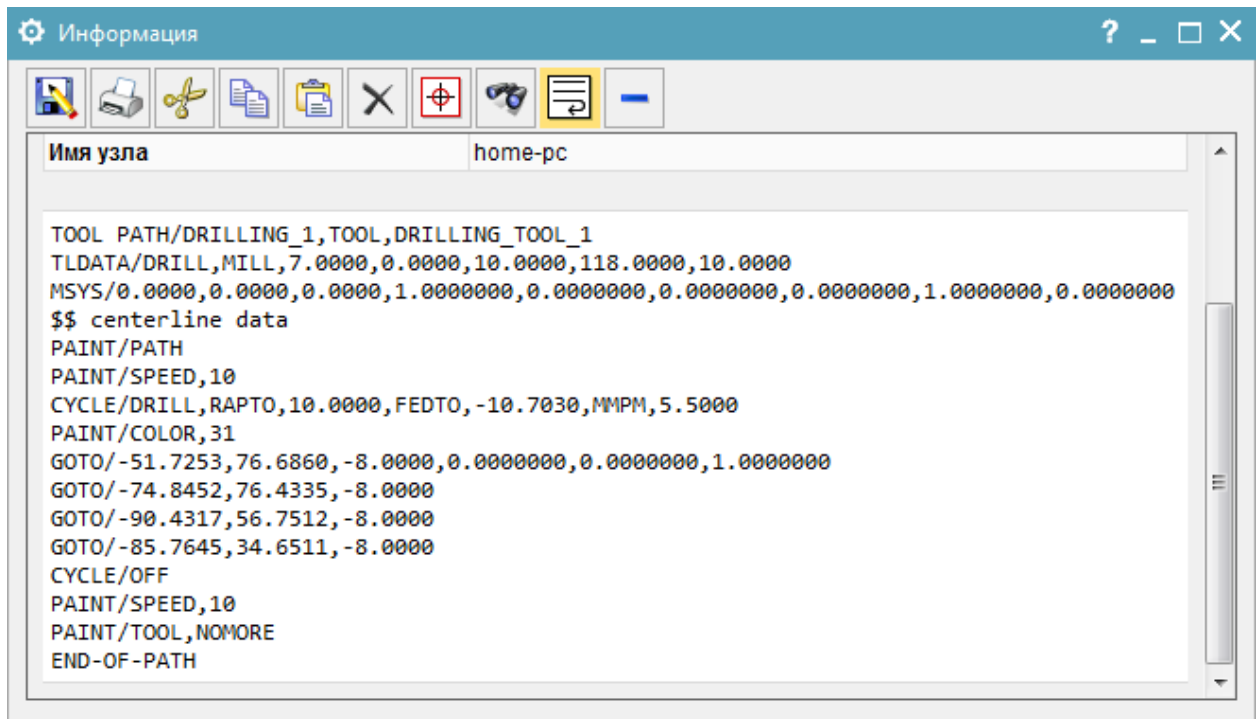


Рисунок 1.19 - Керуюча програма свердильної операції (перехід 2)

Перехід 3: свердлити 4 отворів Ø4 мм.

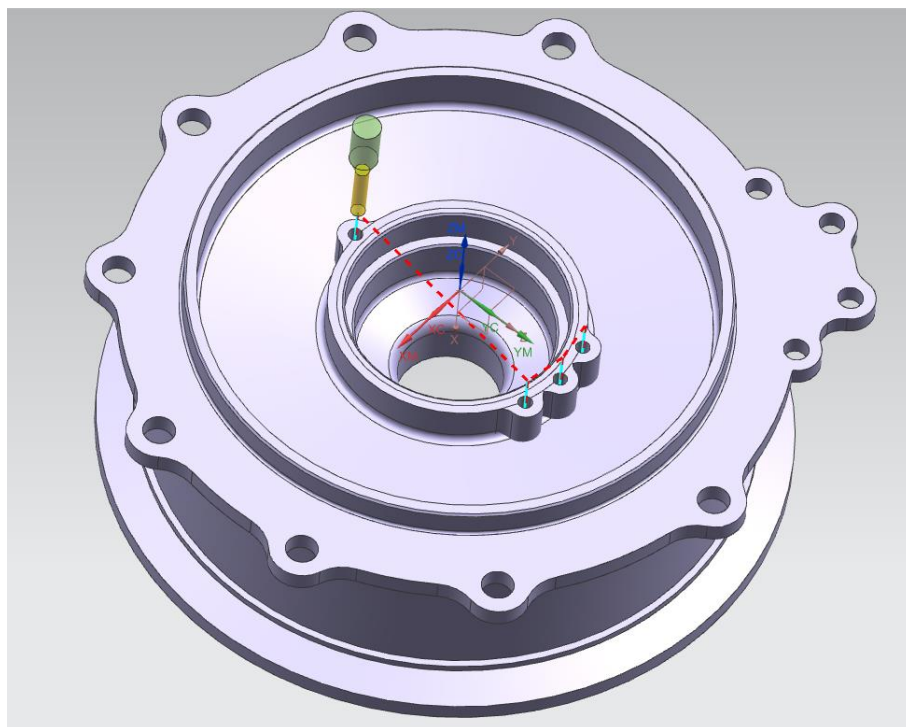


Рисунок 1.20 - Траекторія свердильної операції (перехід 3)

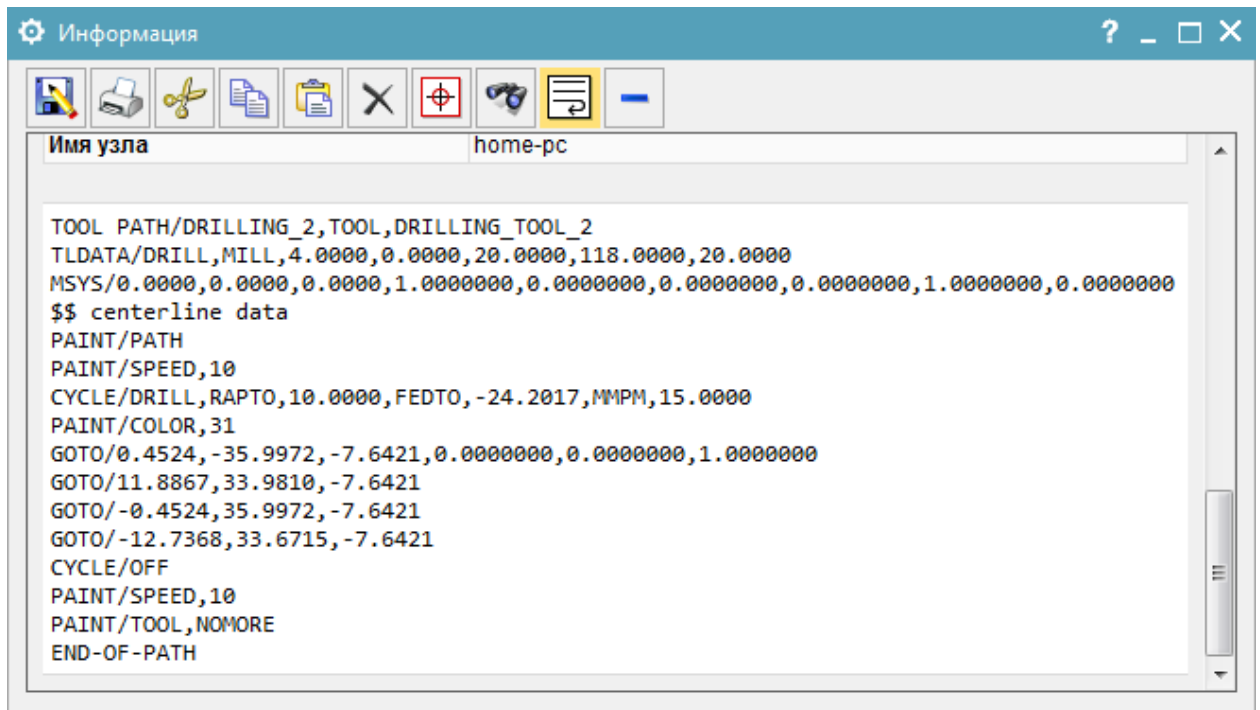


Рисунок 1.21- Керуюча програма свердильної операції (перехід 3)

Перехід 4: зенкувати 12 фасок 0,6x46° мм.

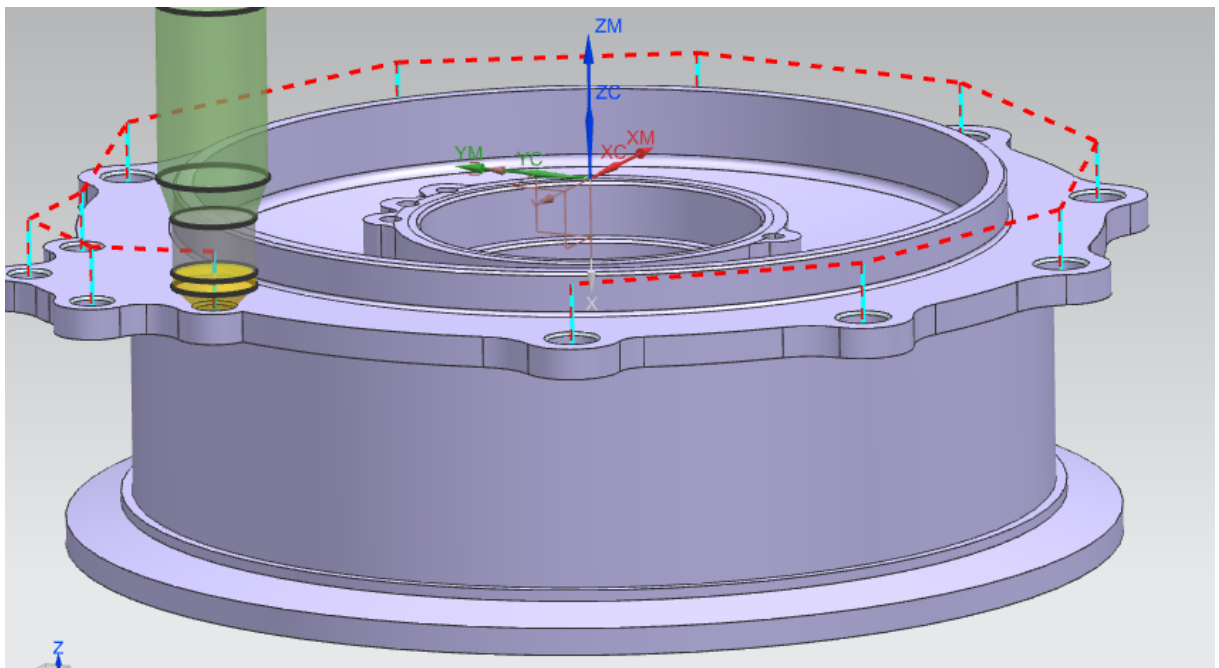


Рисунок 1.22 - Траєкторія свердильної операції (перехід 4)

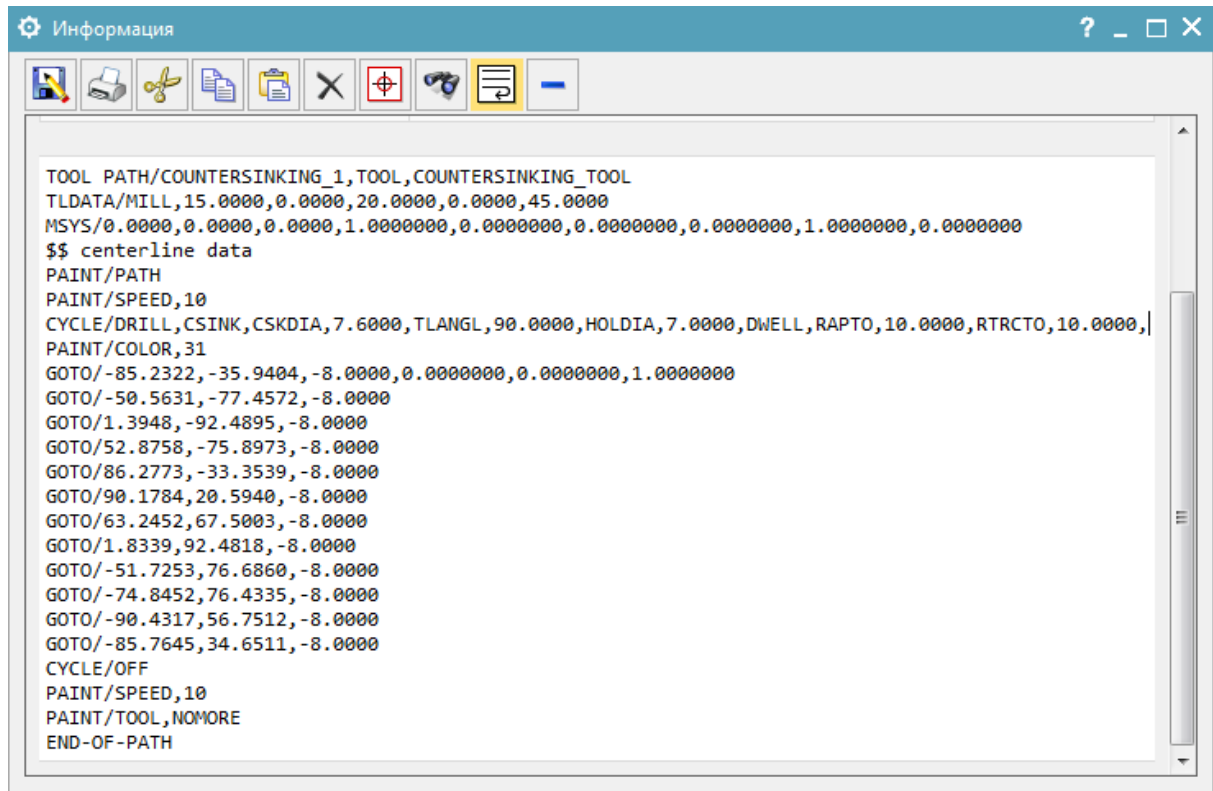


Рисунок 1.23 - Керуюча програма свердлильної операції (перехід 4)

1.7.3 Розробка фрезерної операції

Операція 060 Фрезерна з ЧПК

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК MC-654D.

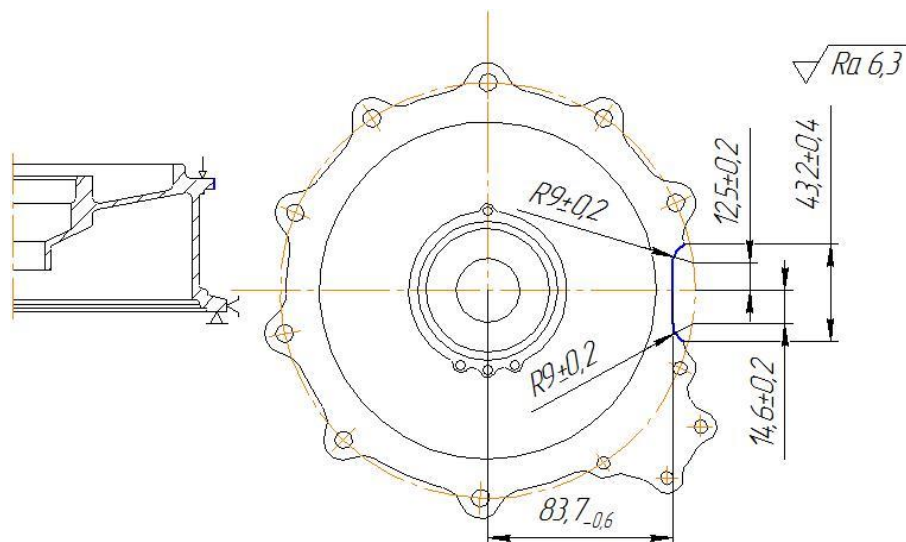


Рисунок 1.24 - Операційний ескіз фрезерної операції

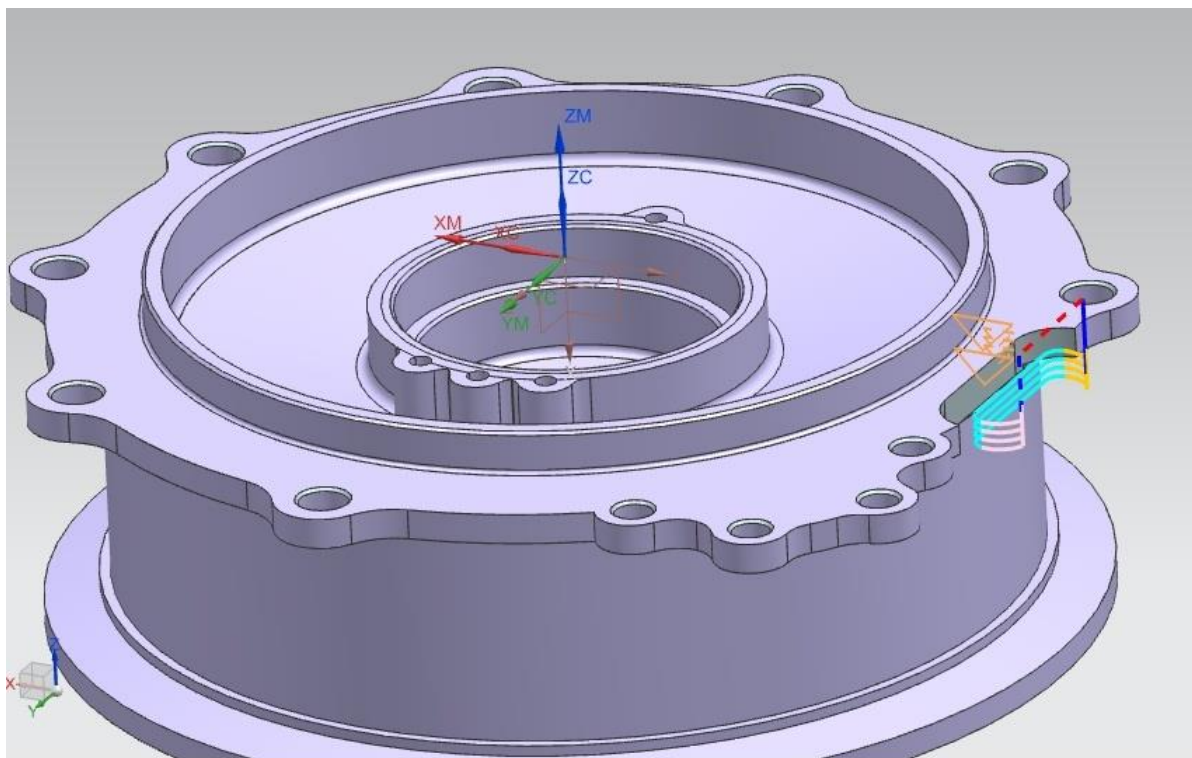


Рисунок 1.25 - Траекторія фрезерної операції

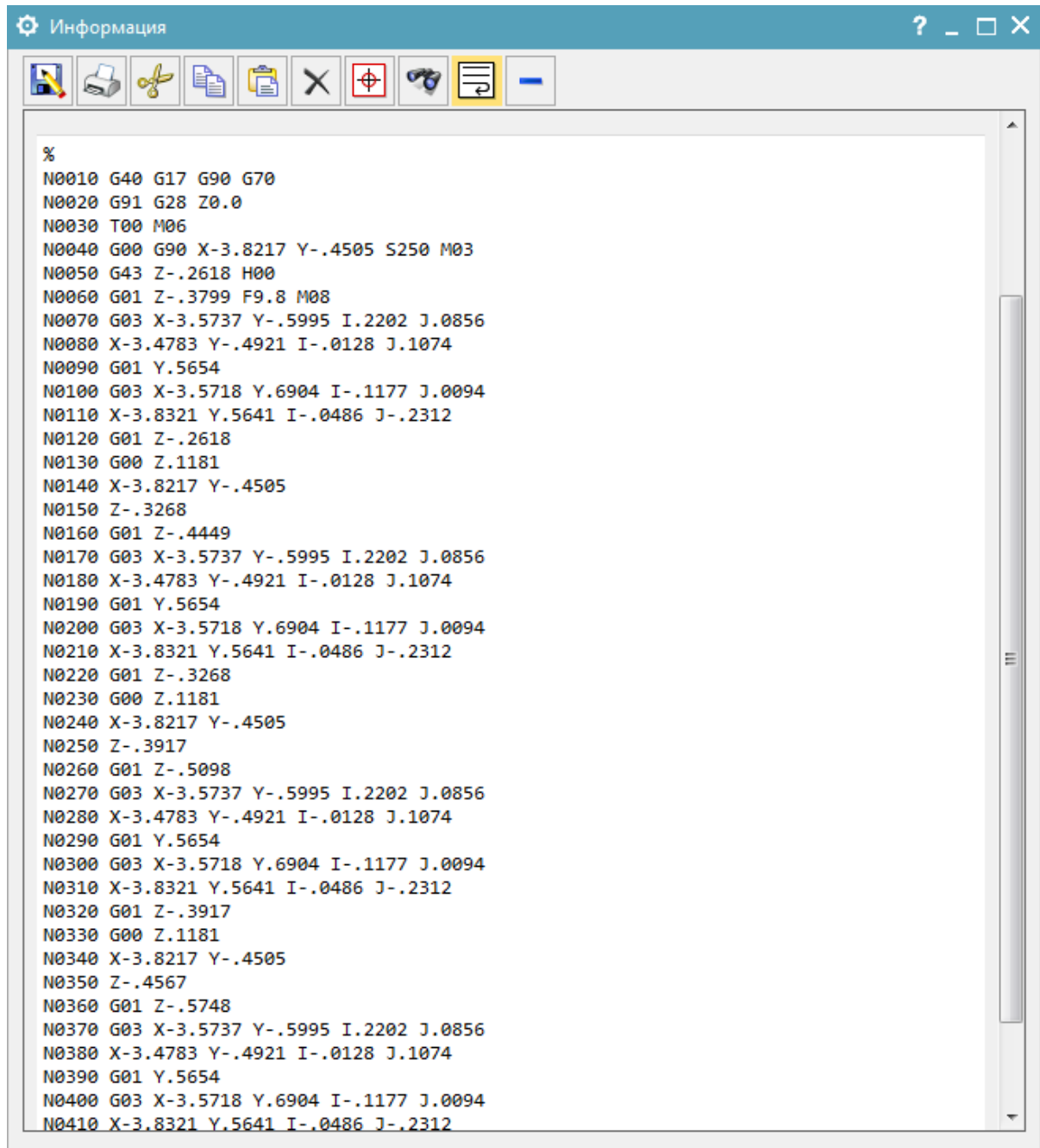


Рисунок 1.26 - Керуюча програма фрезерної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання робочого пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування

Робоче пристосування для фрезерної операції 060 - фрезерна з ЧПК.

Встановлюється на фрезерний верстатз ЧПКМС-654D.

Заготовка встановлюється на два циліндричних пальця $\varnothing 9d9_{-0,076}^{-0,004}$ мм.

Закріплення деталі проводиться за допомогою пристрою з горизонтальною затискний планкою з пневматичним приводом двосторонньої дії.

При подачі стисненого повітря у верхню частину пневмокамери поршень опускається вниз. Вісь, закріплена в штоку пневмоциліндра, опускає прихват. Прихвати затискують заготовку.

2.1.2 Розрахунок похибки установки заготовки

Похибка установки – це частина похибки обробки, що складається з похибки базування і закріплення.

Похибка базування - проекція на напрямок виконуваного розміру різниці граничних відстаней між вимірювальною базою і встановленим на розмір ріжучим інструментом або упором, яка виникає внаслідок неспівпадання вимірювальної і налагоджувальної бази.

Похибка закріплення – це проекція на напрямок виконуваного розміру відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту виникає під дією прикладених сил закріплення.

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

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

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

При базуванні заготовки необхідно позбавити її шести ступенів свободи.

Похибки базування при встановленні заготовок на два пальця і площину

Заготовки можуть бути встановлені на два циліндричних пальця, циліндричний і зрізаний (ромбічний), а також на два хрестоподібних пальця. Зважаючи на складність виготовлення хрестоподібних пальців і незначності переваг дана схема не знайшла широкого застосування на виробництві.

Істотною перевагою даної схеми установки є дотримання принципу сталості баз, що дозволяє підвищити точність обробки.

При виборі двох базових отворів з-поміж кількох можливих варіантів

- відстань між осями отворів має бути найбільшим;
- допуск на міжцентрову відстань має бути більш жорстким;
- діаметр базових отворів повинні бути виготовлені за вищим квалітетом точності.

Дані фактори суттєво впливають на умову встановлення заготовок в пристосуванні, розміри настановних пальців і похибки базування.

Для забезпечення установки всіх заготовок на два циліндричних пальця (рис. 2.1) необхідно виконати умову:

$$S_{1min} + S_{2min} \geq T_o + T_{\Pi}$$

де S_{1min}, S_{2min} - мінімальні зазори між отворами і установчими пальцями;

T_o, T_{Π} - допуски на міжцентрові відстані між пальцями і отворами в заготовці.

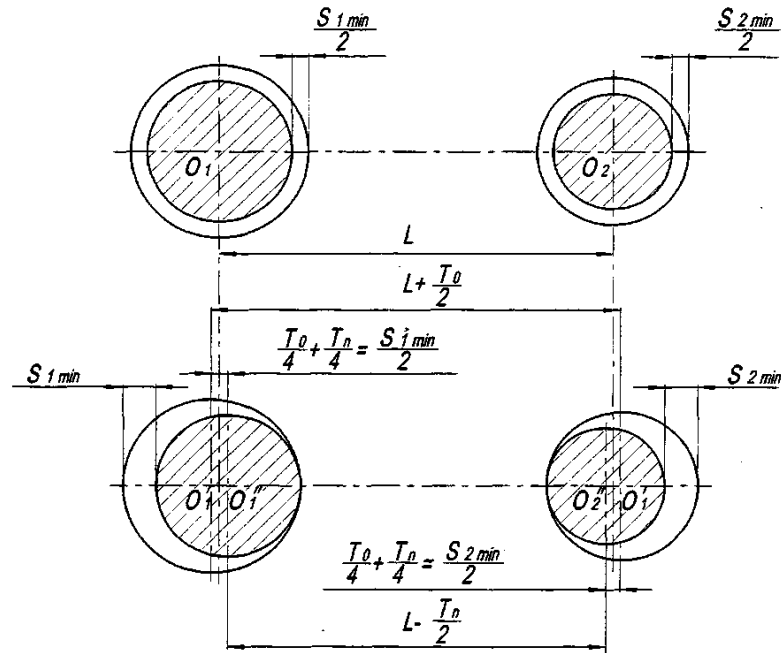


Рисунок 2.1 - Схема установки на два циліндричних пальця і площину [7]

Для забезпечення мінімальних похибок базування за типовими розмірами необхідно прагнути до зменшення зазорів S_{1min} , S_{2min} . Але в даному випадку для виконання умови встановлення всіх заготовок необхідно, щоб T_0 , T_n також були мінімальні. Розташування осей настановних пальців визначається міжцентровою відстанню між отворами в плиті пристосування, виконаними на координатно-розточувальному верстаті з високою точністю. Виготовлення всіх заготовок з малим допуском на міжцентрову відстань між базовими отворами економічно недоцільно. Тому для забезпечення установки заготовок на циліндричні пальці необхідно збільшити зазор між одним з пальців і базовим отвором на величину $S_{2min} > (T_0 + T_n) - S_{1min}$, що досягається зменшенням виконавчого розміру одного з пальців [7].

Вихідні дані:

Пальці $\varnothing 9e7_{-0,04}^{-0,026}$

Отвори $\varnothing 9_{-0,016}^{+0,006}$ мм

$T_0 = 0,022$ мм - допуск на отвір;

$T_{\Pi} = 0,066$ мм - допуск на пальці;

$$S_{2min} = D_{o min} - D_{\Pi max} = 8,984 - 8,974 = 0,01 \text{ мм}$$

$$S_{1min} = 0,066 + 0,022 - 0,01 = 0,078 \text{ мм}$$

$$S_{1max} = 9,006 - 8,96 = 0,046 \text{ мм}$$

$$S_{2max} = 0,056 + 0,022 = 0,078 \text{ мм}$$

$$S_{1min} + S_{2min} \geq T_o + T_{\Pi}$$

$$0,078 + 0,01 \geq 0,022 + 0,066$$

Так як $0,088 \geq 0,088$ – умова базування на два пальця задовільняється.

Похибки базування типових розмірів будуть визначатися наступними виразами:

$$\varepsilon_{61} = S_{2max} = 0,156 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{62} = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2} = \frac{0,046 + 0,078}{2} = 0,062 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{63} = S_{1max} + T_o = 0,046 + 0,022 = 0,068 \text{ мм}$$

Похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$, так як напрямки розміру обробки і сили закріплення взаємно перпендикулярні.

Похибка установки:

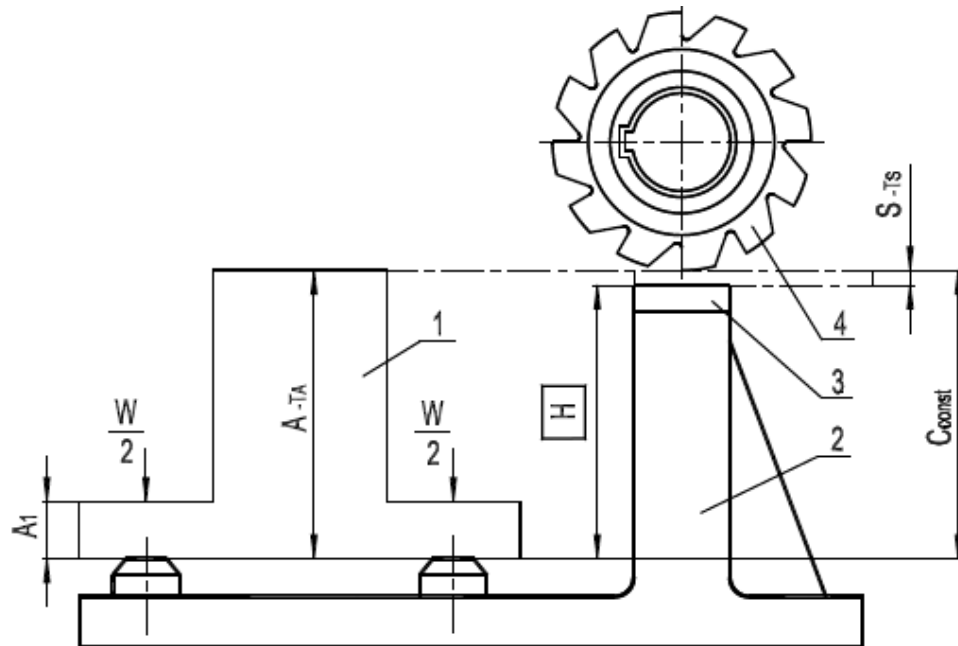
$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0,062 + 0 = 0,062 \text{ мм.}$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Послідовність розрахунку:

1. Визначаємо середній розмір обробки $A_{ср}$:

$$A_{cp} = A - \frac{T_A}{2}$$



1- деталь, що оброблюється; 2 - еталон; 3 - щуп; 4 - фреза [7]

Рисунок 2.2 - Схема установки фрезы по установу

2. Визначаємо середній розмір висоти встановлення:

$$H_{cp} = A_{cp} - S = \left(A - \frac{T_A}{2} \right) - S$$

3. Допуск на розмір установка буде визначати ступінь точності виготовлення пристосування:

$$T_H \leq T_{обр} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega)$$

де $T_{обр}$ - поле допуску на розмір обробки;

$k_1 = 0,8...0,85$ - коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування в наслідок того, що установчий елемент у пристосуванні змінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко дорівнюють граничним.

ε_6 - похибка базування заготовки в пристосуванні;

ε_3 - похибка закріплення заготовки в пристосуванні;

$k_2 = 0,6...0,65$ - коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки від загальної, що викликається чинниками, які не залежать від конструкції пристосування.

ω - середня економічна точність обробки.

Визначаємо $T_H = \pm \frac{T_H}{2}$ й приводимо до нормалізованого.

Призначаємо виконавчий розмір установка з одностороннім допуском:

$$[H] = \left[\left(A - \frac{T_A}{2} \right) - S \right]_{-\frac{T_H}{2}}$$

Вихідні дані:

Розмір обробки по висоті $A_{-T_A} = 58,6_{-0,24}$ мм;

Розмір від точки прикладання сили закріплення до пальців
 $A_1 = 13,6$ мм.

Товщина щупа $S = 3_{-0,004}$ мм.

Закріплення заготовки проводиться пневмоцилиндром.

Середній розмір обробки за формулою (2.3):

$$A_{cp} = 58,6 - 0,12 = 58,48 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти встановлення за формулою (2.4):

$$H_{cp} = 58,48 - 3 = 55,48 \text{ мм}$$

$$T_H = T_A - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega) = 0,24 - (0,8 \cdot 0,068 + 0 + 0,63 \cdot 0,18) = 0,072$$

$$T_H = \pm \frac{T_H}{2} = \frac{0,072}{2} = 0,036$$

Приймаємо допуск на виготовлення пристосування $\pm 0,03$.

Призначаємо виконавчий розмір установка:

$$[H] = 55,48_{-0,03} \text{ мм.}$$

2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля закріплення заготовки і вибір приводу.

Коефіцієнт запасу закріплення визначається за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.7)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

$$k_0 = k'_0 \cdot k''_0 \cdot k'''_0 \quad (2.8)$$

де $k'_0 = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт, що враховує недосконалість формул для розрахунку сил різання;

$k''_0 = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт враховує недосконалість розрахункової схеми;

$k'''_0 = 1,2 - 1,3$ – коефіцієнт, що застосовується для забезпечення більш високого ступеня надійності, що враховує раптові фактори (тверді включення в оброблюваному матеріалі, передчасне викришування ріжучої кромки і т. д.);

$k_1 = 1 - 1,2$ – враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки з-за нерівномірності припуску на заготівлі та враховується тільки для чорнових переходів;

k_2 – враховується у всіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зношування ріжучого інструменту, вибирається з таблиці. [7, табл. К. 1, с. 82];

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки. $k_3 = 1,0$ – в умовах плавного різання; $k_3 = 1,2$ – при переривчастому різанні (фрезерування);

k_4 – характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску. $k_4 = 1,0$ – для механізованих приводів (пневматичних, гідравлічних, магнітних і так далі); $k_4 = 1,3$ – для ручних затискачів (гвинтових і ексцентрикових).

k_5 – характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення деталі. При зручному розташуванні рукоятки і кута її повороту в межах 90° $k_5 = 1,0$. При незручному розташуванні рукоятки і її повороті більше 90° $k_5 = 1,2$.

k_6 – враховується тільки при наявності крутних моментів, які прагнуть повернути заготовку, і залежить від виду опорної поверхні пристосування. $k_6 = 1$ – для точкових опор (опорні штирі, призми); $k_6 = 1,5$ – для суцільних опор (опорне кільце).

Складається рівняння рівноваги:

$$k \sum M_{\text{акт}} = \sum M_{\text{пр}} \quad (2.9)$$

де $\sum M_{\text{акт}}$ – сума активних сил й моментів, які прагнуть зрушити або повернути заготовку відносно відповідних осей координат пристосування; $\sum M_{\text{пр}}$ – сума сил і моментів, що протидіють зсуву і повороту заготовки.

$$\begin{aligned} \sum M_{\text{акт}} &= M_{\text{рез}}, \\ \sum M_{\text{пр}} &= M_{\text{тр}} \end{aligned}$$

Тоді

$$k \cdot M_{\text{рез}} = M_{\text{тр}}$$

Плече сили тертя для кільцевого перерізу визначається за формулою:

$$R_{\text{тр}} = \frac{(D^3 - d^3)}{3(D^2 - d^2)} \quad (2.10)$$

Тоді

$$M_{\text{тр}} = T \cdot R_{\text{тр}} = W \cdot f \cdot R_{\text{тр}} = \frac{W \cdot f \cdot (D^3 - d^3)}{3(D^2 - d^2)} \quad (2.11)$$

Звідки сила зажиму

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot M_{\text{рез}} \cdot (D^3 - d^3)}{f(D^2 - d^2)} \quad (2.12)$$

де – k коефіцієнт запаса закріплення;

f – коефіцієнт тертя.

Коефіцієнт запаса закріплення визначається за формулою (2.7):

$$k = 1,872 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,7$$

$$k_0 = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 1,872$$

де $k'_0 = 1,3$; $k''_0 = 1,2$; $k'''_0 = 1,2$; $k_1 = 1$; $k_2 = 1,2$; $k_3 = 1,2$; $k_4 = 1$; $k_5 = 1$; $k_6 = 1$; $k_6 = 1$.

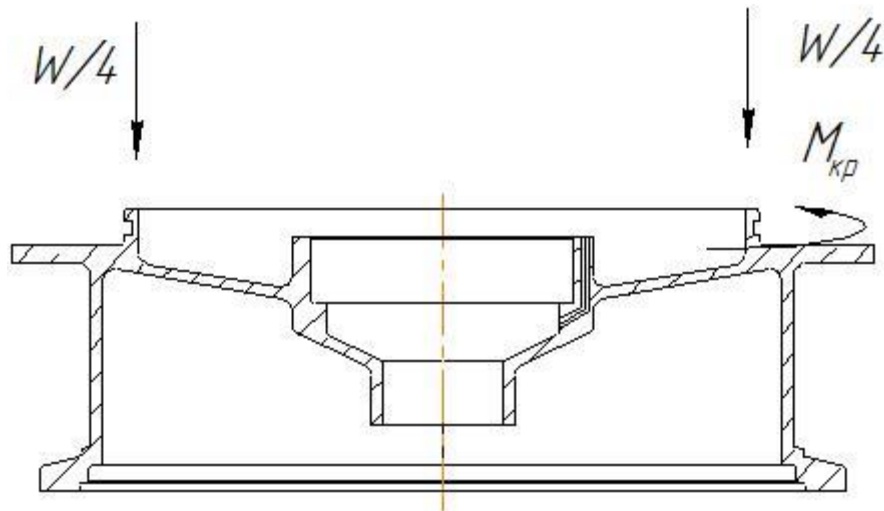


Рисунок 2.3 – Схема сил при фрезеруванні паза

За формулою (2.12) сила затиску дорівнює:

$$W = \frac{3 \cdot 2,7 \cdot 4,8 \cdot (258^3 - 168^3)}{0,25 \cdot (258^2 - 168^2)} = 50427,9 \text{ Н}$$

де $M_{рез} = 4,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – крутний момент при фрезеруванні;

$f = 0,25$ – коефіцієнт тертя.

$k = 2,7$ – коефіцієнт запаса закріплення.

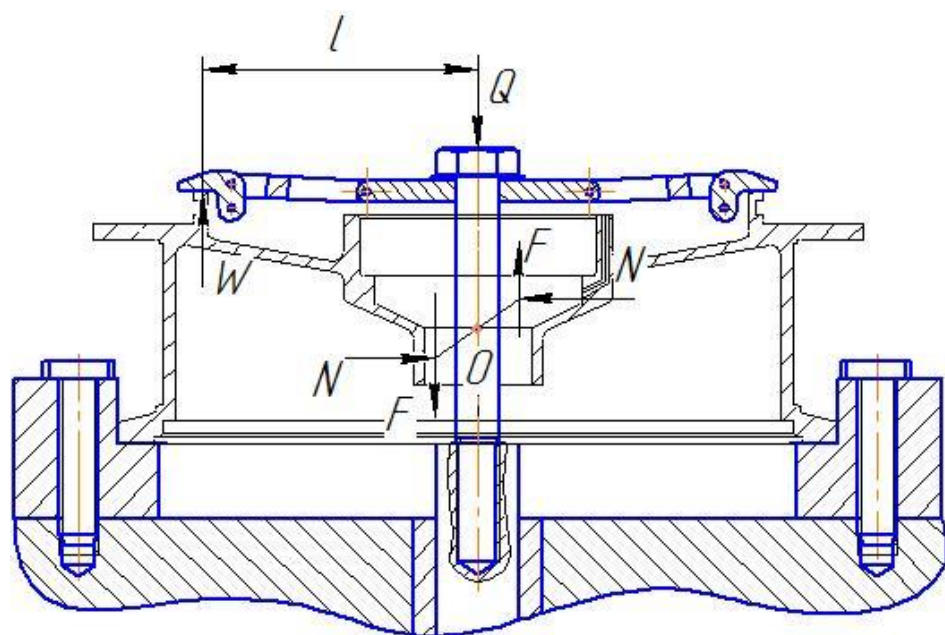


Рисунок 2.4 – Схема сил

Для розв'язання цієї задачі складемо рівняння рівноваги моментів сил щодо точки О за схемою (рис. 2.4).

$$\begin{aligned}\sum M_0 &= 0 \\ W \cdot l - 2 \cdot N \cdot 1/3 \cdot H &= 0 \\ N &= \frac{3}{2} \cdot W \cdot \frac{l}{H}\end{aligned}\tag{2.13}$$

З іншого боку, сила затиску дорівнює:

$$\begin{aligned}W &= Q - F \\ Q &= W + F,\end{aligned}$$

де F - сила тертя, що відноситься до напрямної частини прихвата;

$$F = 2 \cdot N \cdot f$$

де f - коефіцієнт тертя для направляючої поверхні прихвата.

Звідси

$$\begin{aligned}F &= 3 \cdot W \cdot \frac{l}{H} \cdot f \\ Q &= W + 3 \cdot W \cdot \frac{l}{H} \cdot f\end{aligned}$$

Підставивши наші значення у формулу (2.14) отримаємо:

$$Q = 50427,9 + 3 \cdot 50427,9 \cdot \frac{600}{300} \cdot 0,25 = 126069,8 \text{ Н}$$

Необхідний діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \rho \eta} + d^2} \quad (2.15)$$

де D – діаметр пневмоциліндра;

ρ – тиск стиснутого повітря, $\rho = 0,2 \dots 0,6$ МПа;

η – к.к.д., що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85 \dots 0,9$;

d – діаметр штока пневмоциліндра.

За формулою (2.15) розраховуємо необхідний діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 126069,8}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 25^2} = 382 \text{ (мм)}$$

Вибравши з нормалізованого ряду по ГОСТ 6540-68 отримаємо $D = 360$ мм.

2.2 Контрольне пристосування

Контрольне пристосування для шліфувальної операції.

Контрольні пристосування застосовують для перевірки заготовок, деталей і вузлів машин. Пристосування для перевірки деталей застосовують на проміжних етапах обробки (міжопераційний контроль) і для остаточної приймання, виявляючи точність розмірів, взаємного положення поверхонь і правильність їх геометричної форми.

Дане пристосування (рис. 2.5) призначений для контролю биття. Деталь встановлюється в оправку, для визначення биття деталь провертається на один - два оберти. За різницею показів вимірюючої головки

визначають відхилення від перпендикулярності торця відносно центрального отвору (базового).

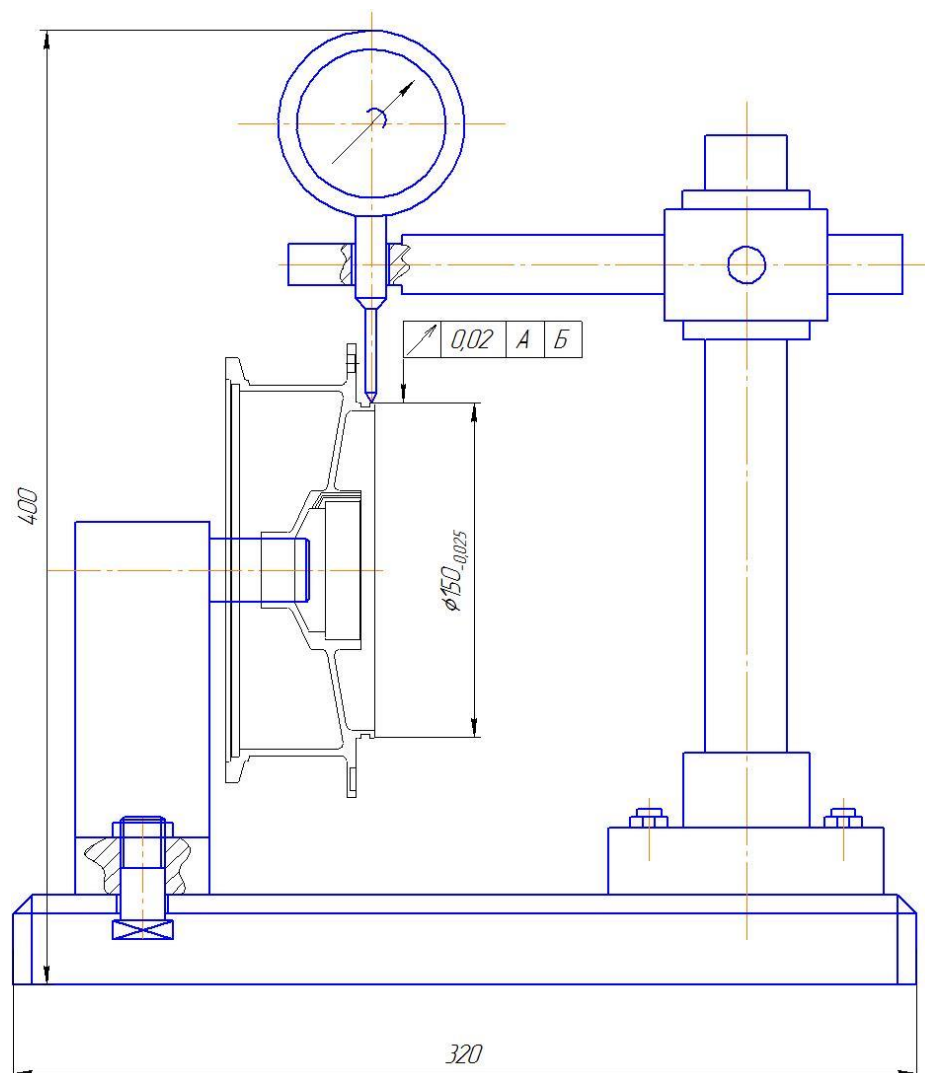


Рисунок 2.5 – Пристосування для контролю радіального биття

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Автоматизація – характеризується звільненням людини від мускульних зусиль для виконання тих чи інших рухів та від оперативного управління механізмами, які виконують ці рухи.

Автоматизація завантаження та вивантаження заготовки

Головне призначення автоматизації завантаження метало ріжучих верстатів – перетворення верстатів в полу автомати та автомати, підвищення коефіцієнта їх використання, полегшення труда працівників та загалом підвищення продуктивності праці та зниження собівартості виготовлених виробів.

Для того, щоб автоматизувати загрузку заготовок, необхідно автоматизувати її три елементи:

- захват заготовки та транспортування її в зону обробки;
- установку заготовки;
- закріплення заготовки.

Для автоматизації розвантаження заготовок необхідно автоматизувати:

- відкріплення заготовки;
- зняття з установчих елементів;
- транспортування заготовки.

Призначення та види завантажувальних пристроїв

В залежності від конструктивного виконання завантажувально-розвантажувальні пристрої поділяються на:

- конструктивні вузли самої машини;
- самостійні незалежні вузли;
- пристосування.

Прилади для завантаження та вивантаження заготовок поділяються на:

- відсікачі;
- вивантажувачі;
- завантажувачі та ін.

Відсікачі слугують для відділення заготовок від загальної кількості: по одній чи декілька штук одночасно. А складом від сікачі поділяють на штифтові, кулачкові, анкерні та барабанні.

Штифтові відсікачі працюють за рахунок руху штифтів навколо вісі.

Кулачкові мають пару кулачків, зміщених один відносно одного так, що один з них при повороті випускає заготовку, а інший утримує всі інші.

В анкерних відсікачах керування переміщенням заготовки виконується за рахунок гойдання анкерної вилки.

Барабанні відсікачі мають диски з місцями під заготовки. Вони обертаються неперервно або переривчасто, диск захоплює по одній заготовці та утримує всі інші.

Завантажувачі призначені для завантаження й транспортування заготовок на робочу позицію верстата. Вони поділяються на шибєрні, метеликові, шнекові, барабанні та револьверні.

Шибєрні живильники є найбільш поширеними. В вихідному положення приймальне гніздо живильника знаходиться навпроти отвору лотка й заготовка западає в нього. При русі шибєра з права наліво заготовка переноситься до пристосування, де затискається. Коли шибєр вертається в вихідне положення планка відкидається, повертається навколо вісі та проходить під заготовкою.

Метеликовий завантажувач відрізняється від шибєрного тим, що він виконує обертаючи рухи на певний кут.

Барабанний завантажувач має форму диска з горизонтальною віссю обертання й гніздами, в які западають заготовки. В револьверному завантажувачі вертикальна вісь обертів.

Шнекові завантажувачі застосовують для завантаження заготовок типу конічних роликів.

В якості вивантажувачів можуть використовуватись прості штовхачі та скидачі.

Автоматичні прилади для поштучного способу живлення мають змогу подавати в робочу зону заготовки не пов'язані одна з одною. Вони поділяються на два типи: прилади магазинного та бункерного живлення.

Прилади магазинного живлення виконують автоматичну подачу заготовок попередньо закладених в магазин вручну. Ці прилади також називають полуавтоматичними. Вони застосовуються в наступних випадках:

1. Для деталей складної форми;
2. Для деталей з підвищеною взаємозчеплюваністю через важкість їх розділення;
3. Для деталей, що можуть бути пошкоджені (крихкі, високоточні) при засипанні їх навалом;
4. При автоматизації завантаження робочих машин, які виконують довгий цикл обробки.

Накопичувач чи магазин слугує для розміщення в ньому заданої кількості орієнтованих заготовок та транспортування їх в живильник, а потім в робочу зону верстата. Кількість завантажуваних заготовок має забезпечити безперебійну роботу на протязі певного часу. Звичайно цей час – 10...30 хв.

Заготовки можуть розміщуватись в накопичувачі в один ряд, один шар чи кілька рядів, в один штабель, в декілька штабелів та один ряд, в декілька штабелів та рядів.

Найбільш простий спосіб – розміщення в один ряд, оскільки спрощується відбір заготовок, їх транспортування та саме завантаження. Однак при цьому збільшуються габарити завантажувального пристрою.

Автоматизація контролю

Операції контролю якості займають значний час в технології виготовлення деталі. Контроль може займати від 25 до 50% часу технологічного циклу.

Досвід показує, що отримати деталі рівні за розмірами неможливо. Виникають похибки розмірів як при обробці, так і при контролі деталей. Основні похибки, що впливають на отриманий результат це похибки обладнання, режимів роботи, інструмента, недоліки робочого пристосування, неоднорідність матеріалів виробу, помилки працівника, похибки вимірюючих приладів. Дію цих випадкових причин неможливо усунути.

Контактні вимірні пристрої виконують вимір через безпосередній контакт з об'єктом. Для виміру розміру вони достатньо прості за конструкцією, але набагато більше зношуються, через що втрачається точність виміру. До цього виду відносяться важільні системи з перетворювачами.

Безконтактні вимірювальні пристрої мають змогу виконувати вимір без контакту з об'єктом, внаслідок чого вони не зношуються й тривалий час зберігають точність. Але такі пристрої більш дорогі та складні за конструкцією. В таких пристроях використовують фотоелектричні, індуктивні, лазерні, радіоактивні, пневматичні перетворювачі.

В залежності від способу роботи елемента перетворювача вимірної системи можна виділити три метода виміру: компенсаційний, масштабний та граничний. При компенсаційному методі виміру проводиться порівняння параметру, що вимірюють з еталоном. Датчик повинен зафіксувати, що вони рівні.

При масштабному методі виміру датчик повинен проводити в деякому масштабі вимір параметра, що контролюється.

Автоматичні вимірюючі пристрої дозволяють значно спростити процес контролю. Автоматичні вимірюючі пристрої можуть використовувати прямі та непрямі методи.

Використовуючи прямий метод виміру безпосередньо досліджується параметр що контролюється, наприклад, діаметр виробу чи твердість.

При непрямому методі вимірюється супутня величина, пов'язана з контролюємим параметром. Ці методи менш точні, але мають змогу вести вимір в важких умовах.

На аркуші ... наведено пристосування для контролю биття внутрішніх і зовнішніх діаметрів.

Радіальне биття - різниця найбільшої та найменшої відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перерізі площиною перпендикулярно їй.

Пристосування складається з стола 25, на який встановлюється деталь і закріплюється за допомогою планки 20 і болта 36.

На кронштейнах 2,4 встановлений датчик амплітудний 44 і опора 47. Амплітудні датчики дозволяють контролювати амплітуду коливання (різницю між найбільшими і найменшими значеннями) безперервно змінюваного розміру за допомогою важеля 1, який підводиться до контрольованого розміру.

Для визначення биття торця кронштейну 16 дається один - два оберти. Далі сигнал подається на амплітудний датчик і в разі, якщо деталь придатна - загоряється зелена лампочка, деталь бракована - червона.

Це дозволяє заощадити час на ручному вимірі биття і порівнянні даних з кресленням.

Прилад дозволяє вимірювати биття шести різних поверхонь за одну установку.

4 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ CAD/CAM СИСТЕМ

Система автоматизованого проектування — призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування. Реалізується на базі спеціального програмного забезпечення, автоматизованих банків даних, широкого набору периферійних пристроїв. САПР включає такі технології:

- CAD — технологія автоматизованого проектування;
- CAM — технологія автоматизованого виробництва;
- CAE — технологія автоматизованої розробки.

Основні особливості сучасних CAD / CAM / CAE-систем:

1. CAD - підсистеми забезпечують:

- Креслення; твердотільне, поверхневе і каркасне 3-х мірне моделювання; моделювання «великих» зборок;
- Фотореалістичне відображення;
- Конструювання і розкрій з листових матеріалів;
- Підтримку промислових графічних стандартів (IGES, DXF, STEP та ін);
- Висновок документації у всіх основних креслярських стандартах.

2. CAM - підсистеми забезпечують:

- Ефективну підготовку керуючих програм для обладнання з ЧПУ;
- Швидке генерування постпроцесорів для різних систем ЧПУ і контролерів.

3. CAE - підсистеми є повномасштабними (тобто повністю вирішальними весь спектр завдань без будь-яких обмежень) і забезпечують всі види інженерного аналізу.

За рахунок застосування САПР досягаються наступні переваги:

- істотно скорочується термін проектування;
- скорочується кількість праці, необхідного для планування і проектування;
- істотно знижується загальна собівартість виготовлення і проектування, що безпосередньо позначається на експлуатаційних витратах;
- збільшення техніко-економічного рівня, а також якості результатів проведених проектних робіт;
- скорочення витрат, необхідних для випробування і натурного моделювання.

Докладно розглянемо основні з них: Siemens NX та Cimatron.

Cimatron E. Сьогодні відомо значне число як чисто твердотільних або поверхневих систем, так і гібридних, тобто володіють і тими і іншими можливостями в різних співвідношеннях. Cimatron E розроблялася як система, що в рівній мірі поєднує твердотільну і поверхневу функціональність.

Головними особливостями Cimatron E є:

- вбудована PDM-система, що забезпечує управління інженерними даними, реалізацію колективної роботи фахівців, організацію структур даних, підтримку асоціативності не тільки атрибутної, але і геометричної інформації, формування технічних документів;
- ефективне поєднання методів твердотільного і поверхневого моделювання;
- потужне середовище збірки, продуктивне креслення і наявність підсистеми САМ, що підтримує передові промислові технології.

Система Cimatron E має три базові конфігурації: Design Solution (рішення для проектування і креслення), Drafting Solution (рішення для креслення), NC Solution (рішення для розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК). До цих рішень можуть додаватися модулі розширення і зміни базових конфігурацій.

Підсистема Design Solution володіє розвиненими функціями поверхневого моделювання Cimatron IT, твердотільного моделювання і булевими операторами операціями ACIS, пропонує інтегроване середовище моделювання твердих тіл і поверхонь, гнучкі засоби ведення збірок і високопродуктивні Quick-технології. Необхідно також відзначити такі функції, як створення і параметричне зміна відкритих об'єктів, повна асоціативність поверхонь, наявність спеціальних можливостей для проектувальників оснастки та інструменту. При цьому будь-які параметри всіх геометричних об'єктів доступні для редагування.

Документи, створені в середовищі креслення (Drafting Solution), асоціативні не тільки моделям Cimatron E. У разі коли ми отримуємо модель в якому-небудь форматі обміну даними, то Cimatron E також автоматично створить всі необхідні креслярські види. Якщо після цього вихідні дані будуть змінені, то всі зміни будуть не тільки виявлені, але і автоматично внесені в креслення.

Керуючі програми для верстатів з ЧПК, що розробляються в підсистемі NC Solution, також асоціативні моделям, тому можливе відстеження змін на всіх етапах роботи. NC Solution повністю підтримує всі прогресивні технології, використовувані в Cimatron IT: можливість 2,5-, 3-, 4 - і 5-координатної обробки, розробку програм, засновану на знаннях, технологічні бібліотеки, сплайн -інтерполяцію, оптимізацію обробки за користувальницьким критерієм, високошвидкісне різання. Крім того, система має зручні функції візуалізації та верифікації траєкторій руху інструменту, підтримує постпроцесори, розроблені з використанням як генератора постпроцесорів Cimatron IT, так і генератора IMS Post, що забезпечує інтеграцію з будь-яким технологічним обладнанням.

Таким чином, система Cimatron E, поєднує в собі просте у використанні рішення для нових користувачів і високофункціональні рішення для досвідчених користувачів, які щодня вирішують складні

завдання. В даний час ця система є для компанії Cimatron технологічною основою подальших розробок план і склад яких, як і випуск нових версій, у міру розвитку системи оновлюються. Одночасно триває і вдосконалення Cimatron IT, що дозволяє користувачам самим визначити терміни переходу на нову систему і, отже, на нові технології роботи.

Siemens NX – система автоматизованого проектування, від світового лідера в розробці програмного забезпечення Siemens PLM Software.

Siemens NX володіє потужними і функціональними інструментами, інтегруючи всі аспекти процесів "від проектування до виробництва" в єдине високотехнологічне рішення для створення повного цифрового макету виробу. Побудований на відкритій технології, NX пропонує необмежені можливості для досягнення максимальної продуктивності на всіх етапах створення виробу.

Широкі можливості моделювання, аналізу та візуалізації в NX забезпечують розробнику повну свободу створення концептуального дизайну виробу. Система дозволяє створювати ідеї, як «сирі» і вимагають подальшого опрацювання концепції виробу, так і виконані з високим ступенем деталізації, аж до створення фотореалістичних зображень вже спроектованих виробів.

Система Unigraphics має модульну структуру. Кожен модуль виконує певні функції.

Unigraphics- це тривимірна система, яка дозволяє ідеально відтворити майже будь-яку геометричну форму. Комбінуючи ці форми, можна спроектувати виріб, виконати інженерний аналіз і випустити креслення.

Система Unigraphics має більше 20 модулів. Основні з них:

1. Створення 3-х мірної моделі в модулі Modeling/ Моделювання.

Розглянуто можливості створення моделей за ескізами, можлива побудова тіла за допомогою листових поверхонь. Розглянуто створення власного типового елемента.

2. Розробка складальної одиниці із застосуванням модуля Assemblies / збірки.

Даний модуль дозволяє скомпонувати складальну одиницю. Кілька моделей можуть бути зібрані за умовами сполучення поверхонь, або розтиражовані в єдиний складальний вузол.

3.Випробування деталі із застосуванням модуля Analyze / структурний аналіз.

При проектуванні часто виникає необхідність випробування деталі. Це необхідно для того, щоб ще на ранніх етапах проектування виявити недоліки конструкції і знайти так звані «слабкі місця». Для випробування деталі в NX існує модуль Структурний Аналіз.

4.Створення конструкторської документації за допомогою модуля Drafting/ Креслення.

У цьому модулі розглянуті загальні принципи створення конструкторської документації в CAD/CAM / CAE системі Unigraphics. Наведено особливості налаштувань різних параметрів, методи установки розмірів, робота з шарами, шаблонами і таблицями, а також параметри виведення документів на друк.

5.Розробка технологічного процесу для виготовлення деталі із застосуванням модуля Manufacturing / обробка.

Модуль обробки дозволяє в інтерактивному режимі програмувати і обробляти постпроцесором траєкторії інструменту для операцій фрезерування, свердління, токарної та електроерозійної обробки.

Модуль Modeling/Моделювання.

Одним з головних модулів NX є Modeling, за допомогою якого виконується побудова твердотільної геометричної моделі. Моделювання ведеться на основі типових елементів і операцій. При необхідності можна використовувати будь-яке створене тіло як базове.

Переваги твердотільного моделювання:

- Багатий набір типових методів побудови твердого тіла;
- Можливість управління моделлю за допомогою зміни параметрів;
- Легкість редагування;
- Висока продуктивність;
- Можливість концептуального проектування;
- Краща візуалізація моделі,
- Модель створюється за меншу кількість кроків;
- Автоматичне оновлення креслення, програми для верстата і т. д. при зміні геометричної моделі;

Модуль Assemblies / Збірки.

Цей модуль призначений для конструювання складальних одиниць (вузлів), моделювання окремих деталей в контексті збірки.

Встановлюються асоціативні зв'язки збірки з її компонентами для спрощення процесу проведення змін на різних рівнях опису виробу. Особливість використання збірки полягає в тому, що конструкторські зміни однієї деталі відображаються на всіх збірках, що використовують цю деталь. В процесі побудови збірки не потрібно піклуватися про геометрію. Система створює асоціативні зв'язки збірки з її компонентами, які забезпечують автоматичне відстеження змін геометрії. Існують різні способи побудови збірки, які дозволяють деталі або добірки один з одним.

Модуль Manufacturing / Обробка.

Після завершення проектування в попередніх модулях, модуль Manufacturing дозволяє вказати геометрію деталі, встановити технологічні параметри і автоматично сформувати траєкторію руху інструменту у вигляді файлу.

Настроюваний конфігураційний файл визначає доступні процесори обробки, бібліотеки інструменту, постпроцесори та інші параметри високого рівня, які можуть застосовуватися до певних виробничих процесів типу обробки Прес-форм і Штмпів та обробки деталей загального

машинобудування. Шаблони дозволяють налаштувати інтерфейс користувача і задати параметри обробки і Установки, які можуть включати верстати, ріжучий інструмент, методи обробки, загальнодоступну геометрію, і послідовність операцій.

Графічний Навігатор Операцій дозволяє переглядати і управляти залежностями між операціями, геометрією, методами обробки та інструментами. Це дозволяє розподілити групи параметрів між кількома операціями і дозволяє виключити роботу за завданням параметрів для кожної операції.

Таким чином можна зробити висновок, щодо використання тої чи іншої програми: якщо брати за мету проектування технологічного процесу, то кращім вибором буде програма Cimatron, так як вона має для цього кращі можливості. Але для розрахунку деталі в програмі Cimatron немає модуля САЕ, тому перевага надається програмі Siemens NX.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

Вихідні дані:

Деталь - перехідник привода-генератора;

Модуль пружності - $E = 1,15 \cdot 10^5$ МПа;

Коефіцієнт Пуассона - $\mu = 0,3$;

Границя міцності - $\sigma_B = 1000$ МПа;

Статичний аналіз проводимо в ANSYS Workbench.

Розбиваємо модель на сітку кінцевих елементів Solid186 з середнім розміром елемента 3 мм.

Закріплюємо по діаметру 28,4 мм, прикладаємо навантаження 3 МПа. Отримуємо картину розподілу напружень на рис. 5.1, 5.2. Бачимо, що більші напруження в місці сполучення стінки товщиною 2,5 мм з діаметром 71 мм.

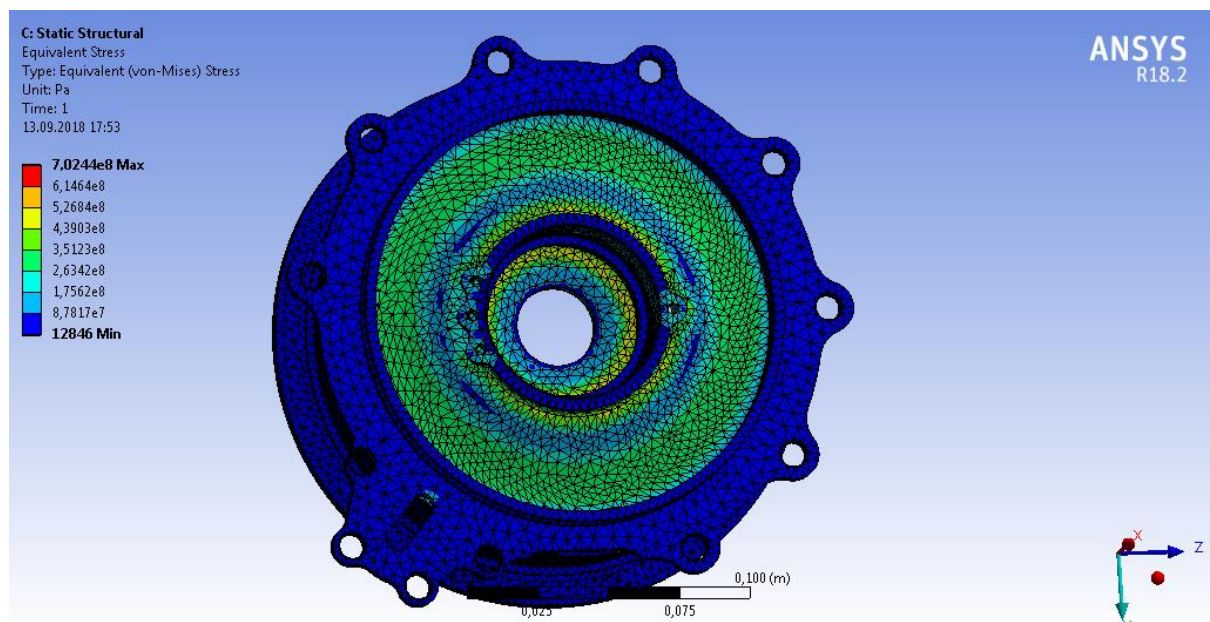


Рисунок 5.1 - Розподіл напружень моделі

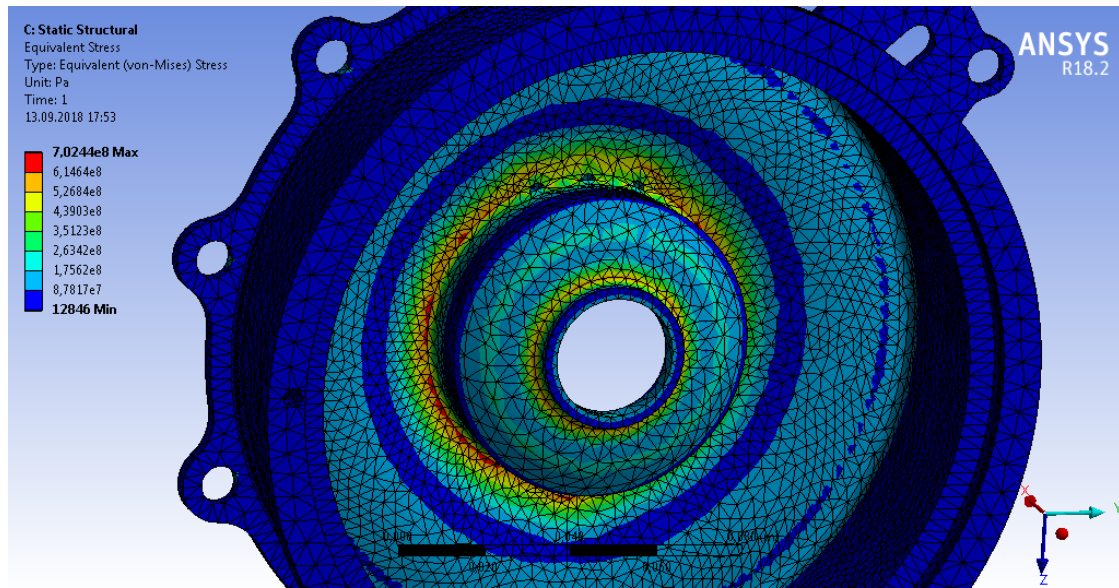


Рисунок 5.2 - Розподіл напружень моделі

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 702$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{max}}$$

$$n_{\sigma} = \frac{1000}{702} = 1,4$$

Допустиме значення запасу міцності для деталей при постійних навантаженнях $[n] = 1,3...2$.

Отримане значення запасу міцності $n_{\sigma} = 1,4$ лежить в межах допустимого.

Для збільшенні запасу міцності можна збільшити товщину стінки 2,5 мм. Змінивши товщину стінки до 4 мм отримуємо картину розподілу напружень на рис. 5.3.

Тепер максимальне напруження $\sigma_{max} = 576$ МПа в місцях радіусів заокруглення, для зменшення напруження в цих місцях можна збільшити значення радіусів.

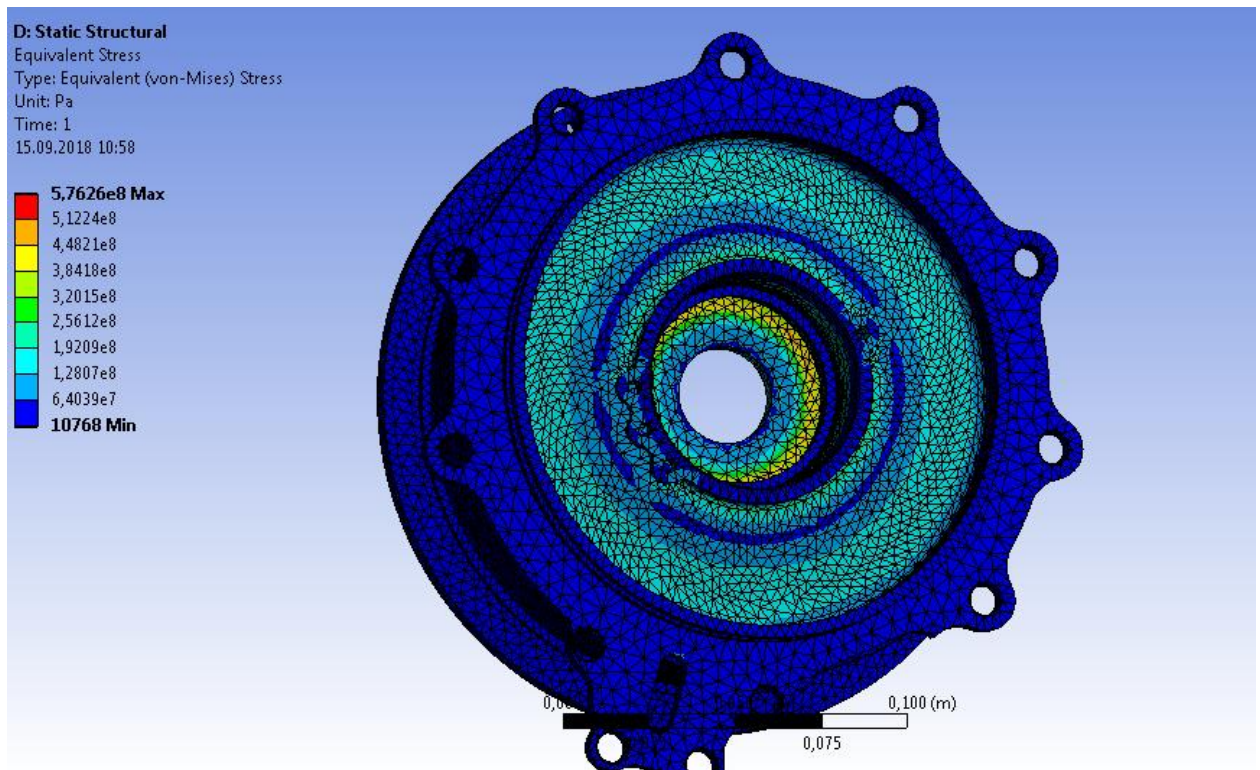


Рисунок 5.3 - Розподіл напружень моделі з потовщеними стінками

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В ході виконання магістерської роботи був складений технологічний процес виготовлення "Перехідника привода генератора" з використанням мінімальної кількості верстатів, у тому числі фрезерних. Для усунення ризиків травматизму, нещасних випадків та створення нормованих умов роботи необхідно дотримуватися правил техніки безпеки під час роботи на металорізальному обладнанні та за ПК. В даному розділі пояснювальної записки наведений аналіз потенційно небезпечних факторів, що характеризують умови роботи, заходи з забезпечення техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, а також пожежної безпеки. Крім вище зазначених питань, розглянуто заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях, а саме: забезпечення стійкості роботи комунально-енергетичних систем промислового об'єкта згідно методичних рекомендацій [15].

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Згідно ГОСТу 12.0.003-74 "Опасные и вредные производственные факторы" класифікуються фактори середовища за природою дії на організм людини, вони поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психологічні.

Фізичні фактори:

- наявність гострих кромek , шорсткості на деталях при роботі без рукавиць може призвести до пошкодження шкіряного покриву та травмам;
- руйнування ріжучого інструменту при порушенні режимів різання може привести до травм різного ступеня тяжкості;
- відліт стружки при виконанні механічних операцій при відсутності спеціального одягу та захисних щитків для обличчя може призвести до опіків чи порізів;

- робота з ручним інструментом при низькій кваліфікації робочого при зниженні уваги може призвести до травм різного ступеня важкості;
- падіння або ковзання деталей чи людей при неувважності персоналу при роботі без спеціального взуття може призвести до травм.
- під час роботи без захисних окулярів при наявності пилу або стружки можна отримати травми очей;
- через невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням у відсутності захисного заземлення виникають травми ураження струмом.

Хімічні фактори:

- при відсутності засобів захисту через підвищену запиленість можуть виникнути захворювання дихальних шляхів.

Біологічні фактори:

- подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів викликають мастильноохолоджуючі технічні засоби при порушеннях правил безпеки;
- аерозоль нафтових олій, що входить до їх складу також впливає на зниження імунітету та може викликати алергічні реакції.

Психофізіологічні:

- фізичне перенавантаження при установці, закріпленні великогабаритних деталей може призвести до кістково-м'язових порушень та навантаженням на серцево-судинну систему;
- монотонність праці може призвести до гальмування реакції не тільки під час праці, а і після неї;
- перенапруження органу зору при незадовільному освітленні може призвести до зорової втоми, роздратованості;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій можуть призвести до травм чи загибелі людей.

6.2 Заходи з забезпечення техніки безпеки

Для уникнення механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Для забезпечення безпеки при проведенні дослідів використовується обладнання, що відповідає ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Органи керування верстатом відповідають вимогам ГОСТ 12.2.064-81. ССБТ. «Органы управления производственным оборудованием. Общие эргономические требования». Робітники повинні дотримуватися правил безпеки при роботі згідно НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила безпеки при обробці металів різанням». Відповідальність за дотримання справного стану і безпечну експлуатацію металорізального верстату покладається на керівника підрозділу, за яким закріплений верстат.

Для уникнення можливих травм при контакті з рухомими частинами обладнання потрібно передбачати захисні огорожі згідно НПАОП 27.4-7.15-86 «ССБТ. Ограждения движущихся частей оборудования. Общие технические требования». При проектуванні та експлуатації технологічного обладнання необхідно передбачати застосування пристроїв, які виключають ймовірність контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту (засоби захисту робітників).

Засоби колективного захисту повинні бути передбачені згідно ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация».

Розташування обладнання з точки зору безпеки та ергономіки повинно бути згідно ГОСТ 12.2.049-80. «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

Для усунення ймовірності ураження електричним струмом передбачаються організаційні та технічні заходи. До організаційних відносять проведення навчання правилам електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». До технічних заходів відноситься дотримання ПУЕ-2014 «Правила улаштування електроустановок». Захисне заземлення передбачається згідно ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Для вчасного запобігання, вияву та лікування захворювань необхідно регулярно та своєчасно проходити медогляди згідно ДНАОП 0.03-4.02-94 «Положення про медичний огляд працівників певних категорій».

Для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійних захворювань та підтримки працездатності слід дотримуватись санітарних правил і норм роботи згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Вимоги до монітору згідно до вимог директиви ЕС 90/270 ЕЕС. Основним обладнанням робочого місця користувача комп'ютера є монітор, системний блок та клавіатура. Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1м, між собою на відстані не менше 1,5 м за ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Потрібно робити перерви на відпочинок тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи, а у випадках, коли обставини не дозволяють

застосовувати перерви тривалість безперервної роботи не повинна перевищувати 4 годин.

Для уникнення можливих травм, пов'язаних з захащенням приміщення комп'ютерною технікою, меблями необхідно облаштовувати приміщення згідно ДСанПіН 5.5.6.009-98 «Влаштування і обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режим праці учнів на персональних комп'ютерах».

6.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Параметри мікроклімату виробничого приміщення (цеху) встановлюють згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» в залежності від категорії робіт за важкістю. Для забезпечення цих параметрів передбачають системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря у відповідності з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Заходи забезпечення належної чистоти повітря здійснюють згідно вимог ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Використовують технологічні заходи і спеціальні методи і засоби нормалізації повітря робочої зони. Передбачають засоби контролю мікроклімату та чистоти повітря робочої зони.

З метою захисту від виробничого шуму та вібрацій визначають джерела шуму та вібрацій, порівнюють характеристики їх параметрів з допустимими санітарними нормами згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». В разі потреби розробляють комплекс заходів попередження, зниження та захисту від шуму та вібрацій. Визначають засоби контролю параметрів таких шкідливих чинників.

Необхідно дотримуватися санітарних норм при роботі з наявністю вібрацій згідно ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій». При роботі, яка супроводжується вібраціями необхідно робити перерву через кожні 10-15 хвилин роботи. Потрібно зменшувати вібрації за рахунок застосувань конструктивних і технологічних методів, застосовувати засоби віброізоляції та вібропоглинання, своєчасно проводити плановий та попереджувальний ремонт обладнання. Потрібно застосовувати заходи лікувально-профілактичного характеру: професійні та профілактичні огляди, вітамінізація, лікувальні гімнастика та масаж рук. Для профілактичного лікування та відпочинку працюючих повинні бути організовані профілакторії та кабінети і кімнати, де проводять масаж рук у струмені теплого повітря або сухий обігрів та мікромасаж на спеціальному обладнанні.

Рівні освітленості робочих місць визначають згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» в залежності від характеру зорових робіт і стану робочого середовища. При цьому будова світильників (нормальна, вибухозахисна, пиловологонепроникна та інше) повинна відповідати стану робочого середовища. Визначають норми освітленості як робочим, так і аварійним освітленням. Передбачають також евакуаційне освітлення.

При проведенні робіт за металорізальним обладнанням необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Вимоги природного та штучного освітлення в приміщеннях повинні виконуватись згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»

Приміщення повинні мати природне та штучне освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк, якщо ці значення неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення.

Правильно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності, зберігає зір людини, стан його центральної нервової системи. В значній мірі від умов освітленості залежить безпека та продуктивність праці.

Штучне освітлення – освітлення будинків, приміщень, споруд та створення зовнішнього освітлення за допомогою спеціальних електроосвітлювальних установок – світильників. Система загального освітлення призначена для освітлення всього приміщення.

Для роботи в цеху необхідно розрахувати рівномірне загальне освітлення виробничого приміщення методом світлового потоку.

1) Вибір системи освітлення:

Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається за Державними будівельними нормами України (ДБН В.2.5.-28-2006 “Природне і штучне освітлення”. Розряд зорової роботи IIIа, застосовуємо систему комбінованого освітлення.

2) Визначення рівня нормованої освітленості (E_n) проводимо за [16, с. 19, дод. А] в залежності від розряду зорових робіт, фону, контрасту об’єкта з фоном та системи освітлення. Приймаємо $E_n = 400$ лк.

3) Вибір джерела світла: використовуємо люмінесцентні лампи ЛБ (білого кольору 2500-2800K), тому що вони рекомендовані для приміщень висотою до 6м.

Розміри цеху: довжина $A = 20$ м, ширина $B = 16$ м, висота $H = 6$ м.

4) Вибір типу світильника проводимо з урахуванням умов навколишнього середовища, характеристики і освітлювального приміщення за вибухопожежонебезпекою за допомогою [16, с. 23, дод. В]. Для приміщень з пиловиділенням висотою 6 м обираємо тип світильника РПП. Коефіцієнт світильника $[L/h] = 1,4$.

5) Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнта нерівномірності (мінімального) освітлення:

Коефіцієнт запасу k_z враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов за [16, с. 25, дод. Г]. Обираємо $k_z = 1,5$.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення $z = 1,15$ – для газорозрядних ламп.

б) Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення:

Обирається за [16, с. 25, дод. Г] в залежності від виділення пилу у процесі роботи.

У приміщеннях з незначним пиловиділенням $\rho_c = 50\%$ - відбиття від стелі, $\rho_{ст} = 30\%$ - відбиття від стін, $\rho_{п} = 10\%$ - відбиття від підлоги.

7) Значення індексу приміщення визначаємо за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м

$$h = H - h_p - h_z$$

де H – висота виробничого приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

(як правило, висота умовної робочої поверхні $h_p = 0,8$ м)

h_z – висота звисання світильника від стелі, м.

Так як h_z не задана, то розрахунок проводимо за формулами:

а) Розраховуємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]}$$

де $[L/h] = 1,4$ – числове значення коефіцієнта світильника за [16, с. 23, дод. В].

$$N_p = \frac{16}{(6 - 0,8) \cdot 1,4} = 2,2 = 3 \text{ ряди}$$

б) визначаємо максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p}$$

$$L_{max} = \frac{16}{3} = 5,3 \text{ м}$$

в) розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]}$$

$$h = \frac{5,3}{1,4} = 3,8 \text{ м}$$

г) знаходимо висоту звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h$$

$$h_3 = 6 - 0,8 - 3,8 = 1,4 \text{ м}$$

Знаходимо чисельне значення індексу приміщення за формулою (6.1):

$$i = \frac{16 \cdot 20}{3,8 \cdot (16 + 20)} = 2,3$$

8) Значення коефіцієнта використання світлового потоку η обираємо в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення (ρ_c , $\rho_{ст}$, $\rho_{п}$) та індексу приміщення за [16, с. 29, дод. Д]. Приймаємо $\eta = 62\%$.

9) Проводимо розрахунок світлового потоку лампи та загальної кількості світильників за схемою:

а) Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z}{\eta}$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлювальної поверхні, м²;

K_z – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{400 \cdot 320 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{0,62} = 356129 \text{ лм}$$

б) Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2}$$

$$N^* = \frac{16 \cdot 20}{5,3^2} = 12 \text{ світильників}$$

в) Розраховуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_L = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_L}$$

де N_L – загальна кількість ламп у приміщенні, шт;

$$N_L = N^* \cdot n = 12 \cdot 1 = 12 \text{ шт}$$

де n – кількість ламп у світильнику.

$$\Phi_L^* = \frac{356129}{12} = 29677 \text{ лм}$$

г) Обираємо з [16, с. 22, дод. Б] тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи Φ_L і розраховуємо коефіцієнт m . Тип лампи – ДРИ, $P_L = 700$ Вт – потужність лампи, $\Phi_L = 36000$ лм – світловий потік лампи.

$$m = \frac{\Phi_L^*}{\Phi_L}$$

$$m = \frac{29677}{36000} = 0,73$$

д) Визначаємо оптимальну кількість світильників у приміщенні:

$$N = N_{\text{л}} \cdot m = 12 \cdot 0,73 = 8,76 \text{ світильників} \quad (6.11)$$

Приймаємо фактичну кількість світильників у приміщенні $N_{\text{ф}} = 9$ шт.

10) Визначаємо загальну розрахункову освітленість $E_{\text{р}}$ у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_{\text{р}} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{S \cdot K_{\text{з}} \cdot z}$$

$$E_{\text{р}} = \frac{36000 \cdot 9 \cdot 0,62}{320 \cdot 1,5 \cdot 1,15} = 363 \text{ лк}$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова:

$$E_{\text{р}} = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_{\text{н}}, \text{ лк} \quad (6.13)$$

$$E_{\text{р}} = 360 \dots 480 \text{ лк}$$

Розрахункове значення освітленості $E_{\text{р}}$ складає 363 лк, отже необхідна умова виконується.

11) Розраховуємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}}$$

$$P_{\Sigma} = 9 \cdot 700 = 6300 \text{ Вт}$$

12) Виконаємо ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників. Ескіз розташування див. рисунок 6.1.

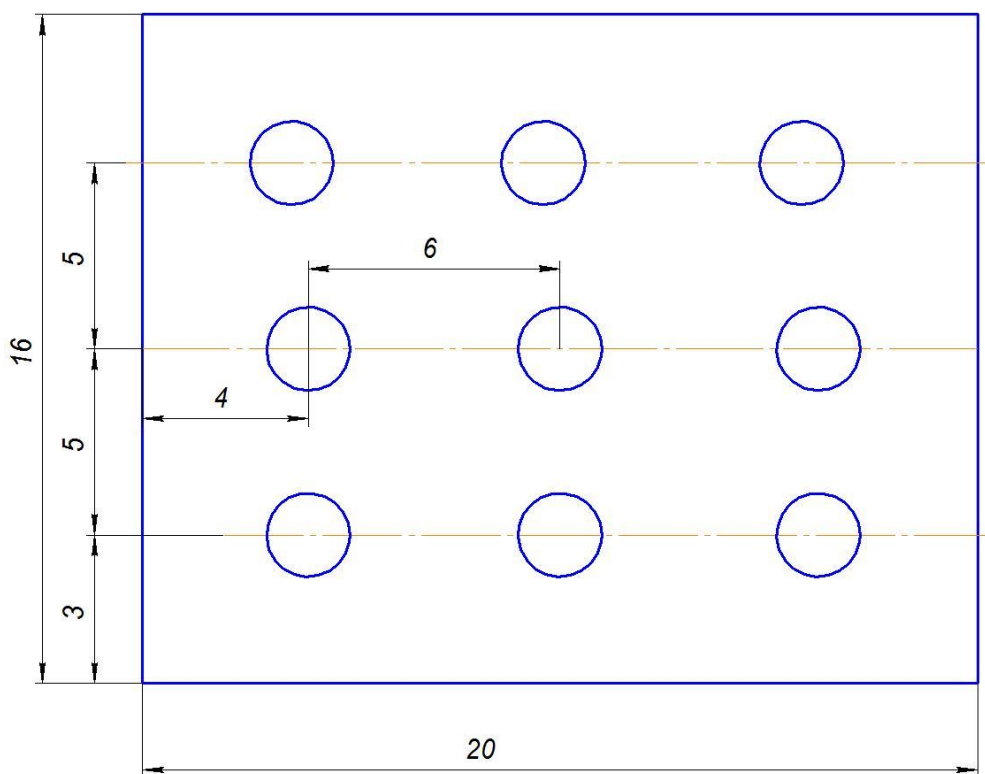


Рисунок 6.1 – Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні

6.4 Забезпечення пожежної безпеки

Відповідальність за дотримання необхідного протипожежного режиму і своєчасне виконання протипожежних заходів покладається на керівника підприємства і начальників цехів (лабораторій, майстерень, складів і т.д.). Керівники підприємства зобов'язані:

- забезпечити повне і своєчасне виконання правил пожежної безпеки і протипожежних вимог будівельних норм і правил при проектуванні, будівництві й експлуатації підвідомчих їм об'єктів;
- організувати на підприємстві пожежну охорону, добровільну пожежну дружину і пожежно-технічну комісію і керувати ними;
- передбачати необхідні асигнування на утримання пожежної охорони, придбання засобів пожежегасіння;

- призначити осіб, відповідальних за пожежну безпеку цехів, лабораторій, виробничих ділянок, баз, складів та інших будівель і споруджень.

Керівникам підприємств надане право накладати дисциплінарні стягнення на порушників правил і вимог пожежної безпеки. У випадку порушення правил і вимог пожежної безпеки керівник підприємства має право порушити питання про залучення винного до кримінальної відповідальності.

Інженерно-технічний персонал, який відповідає за пожежну безпеку на окремих ділянках, зобов'язаний знати пожежну небезпеку технологічного процесу виробництва і точно виконувати правила і вимоги протипожежного режиму, установлені на підприємстві, стежити за справністю приладів опалення, вентиляції, електроустановок, забезпечити справне утримання і постійну готовність до дії наявних засобів пожежегасіння, зв'язку і сигналізації.

На підприємствах відповідними наказами, розпорядженнями чи указівками встановлюється порядок проведення протипожежного інструктажу і занять з пожежно-технічного мінімуму з працівниками та службовцями.

На промислових підприємствах або в окремих цехах чи ділянках, технологічний процес яких має підвищену пожежну небезпеку, наприклад, у деревообробних цехах, на складах легкозаймистих рідин і інших вогненебезпечних складах речовин і матеріалів, крім протипожежного інструктажу варто проводити заняття з пожежно-технічного мінімуму з усіма працівниками та службовцями.

Для кожного підприємства (цеху, лабораторії, майстерні, складу тощо) на основі Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств розробляються об'єктова і цехові протипожежні інструкції. В інструкціях повинні бути визначені основні вимоги пожежної безпеки для

даного цеху чи ділянки виробництва (з утримання території підприємства, підходів і під'їздів до джерел протипожежного водопостачання, підходів і під'їздів до будівель і споруджень, про порядок руху транспорту по території підприємства, про застосування відкритого вогню і паління і т.д.). У протипожежних інструкціях установлюється також порядок виклику пожежної охорони на випадок виникнення пожежі на підприємстві.

Щоб залучити інженерно-технічний персонал та інших працівників до розробки і проведення заходів, спрямованих на зниження пожежної небезпеки технологічних процесів виробництва, на підприємствах створюють пожежно-технічні комісії. Керівник підприємства наказом призначає пожежно-технічну комісію, до складу якої входять: головний інженер (голова), начальник пожежної охорони об'єкта, енергетик, технолог, механік, інженер з охорони праці, будівельник та інші фахівці. Задачі пожежно-технічної комісії - виявлення порушень і недоліків технологічних режимів, які можуть привести до виникнення пожеж, розробка заходів щодо їх усунення, сприяння органам пожежного нагляду в їхній роботі зі створення необхідного протипожежного режиму, організація масово-роз'яснювальної роботи серед персоналу.

Працівнику, в свою чергу потрібно дотримуватись таких правил:

- при виявленні пожежі негайно сповістити про це керівнику, повідомити в пожежну службу й прийняти необхідні заходи для ліквідації пожежі або евакуації;
- забороняється займати проїзд, виходи до первинних засобів пожежогасіння;
- заборонено зберігати у виробничому примушенні легкозаймисті та пальні рідини, лаки й розчинники;
- мастильні матеріали зберігати в спеціально відведених місцях в металевій тарі;

- палити дозволено тільки в спеціально відведених місцях, обладнаних для цього металевою урною та водою.

Таким чином можна зробити висновок, що безпека працівника залежить не тільки від державного органу, уповноваженої особи на підприємстві, які мають дотримуватись своїх обов'язків, але й безпосередньо від самого робітника. Необхідно дотримуватись всіх правил та норм охорони праці задля запобігання нещасних випадків, травм та професійних захворювань. В першу чергу необхідно досконало вивчити всі положення техніки безпеки та дотримуватись їх.

6.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Зміст і послідовність роботи командира формування в ході ліквідації наслідків стихійних лих, аварій і катастроф (СЛАК).

При ліквідації наслідків СЛАК проводяться такі заходи:

- оповіщення формувань ОГ і населення про загрозові наслідки стихійного лиха (аварії, катастрофи);
- ведення розвідки з метою встановлення ступеня й обсягу руйнувань, визначення розмірів зон пожеж, зараження, можливого затоплення і виявлення інших даних;
- встановлення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека від наслідків СЛАК;
- визначення складу, чисельності сил і засобів, які залучаються до робіт;
- організація управління силами і засобами в районі лиха (аварії, катастрофи);
- організація виведення (вивезення) населення в безпечні місця і його розміщення;

- надання медичної допомоги ураженим і евакуація їх у лікувальні установи, недопущення масових інфекційних захворювань, проведення медичного контролю за забезпеченням населення доброякісною водою і харчуванням, проведення санітарно-гігієнічних заходів;
- організація комендантської служби і підтримка громадського порядку в районах СЛАК і прилягаючих районах;
- організація транспортного, матеріального, технічного і дорожнього забезпечення [17].

Командир формування і його штаб повинні заздалегідь вивчити і знати можливі ділянки (об'єкти) робіт у випадку виникнення стихійного лиха, сигнали і способи оповіщення про загрозу виникнення лих та інші дані, необхідні для організації і проведення робіт.

На основі даних розвідки командиром (штабом) формування складається план, у якому відбиваються завдання формування на період робіт і порядок їх виконання.

Висування формування до ділянок (об'єктів) робіт виробляється на штатних транспортних засобах (якщо є можливість, можуть залучатися ще й додаткові) безпосередньо з району збору формування після приведення його в готовність. Завдання формуванню ставляться на місці проведення робіт.

Після прибуття на ділянку (об'єкт) робіт командир формування отримує завдання, на підставі якого приймає рішення на виконання всіх заходів і доводить його до підлеглих; у рішенні визначає замисес дій, а саме: який обсяг за видами робіт необхідно виконати; ділянку (об'єкт) зосередження основних зусиль; розподіл сил і засобів; ділянки (об'єкти) робіт, завдання і порядок висування до місць робіт; порядок взаємодії; порядок порятунку і евакуації населення, місця його розміщення після виведення (вивезення) з району лиха; заходи безпеки при проведенні робіт; час початку робіт і порядок зміни; пункт збору після виконання завдання; заходи щодо організації управління і забезпечення [17].

Командир і штаб формування організовують: розвідку; комендантську службу; витягування людей з-під завалів, палаючих і загазованих будинків та споруд; надання постраждалим першої медичної допомоги й евакуацію їх на медичні пункти чи в лікувальні установи; збір і виведення (вивезення) населення з району лиха (аварії, катастрофи) і зони зараження СДОР. Крім того, вони організовують і проводять необхідні санітарно-гігієнічні і протиепідемічні заходи, постачання населення водою, продуктами харчування і предметами першої необхідності; організовують охорону матеріальних цінностей.

Роботи, пов'язані з порятунком людей, проводяться безупинно до повного їх завершення. У ході робіт командир і штаб формування контролюють виконання поставлених і ставлять додаткові завдання. При необхідності організовують маневр силами і засобами, зосереджуючи їх зусилля на досягнення найбільшого успіху в порятунку людей [17].

ВИСНОВКИ

Результатом виконання даної магістерської роботи є технологічний процес виготовлення деталі "Перехідник привода генератора". Були розроблені технологічні операції в програмі Siemens NX. Спроектоване робоче та контрольне пристосування. Для скорочення часу на контроль розмірів спроектовано автоматизоване пристосування для контролю биття.

Для зниження трудомісткості процесу проектування на виробництві; скорочення термінів реалізації проектів; зниження собівартості проектних робіт, а також витрат, пов'язаних з експлуатацією необхідно використовувати системи автоматизованого проектування (САПР). В роботі розглянуті основні переваги цих систем та проаналізовано деякі із них.

Проаналізовані потенційні небезпеки, які можуть виникати при роботі за фрезерним верстатом. Розроблені та запропоновані заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов при проведенні робіт. Розрахована кількість світильників, необхідна для освітлення цеху.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Додатки до методичних вказівок " Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки".- Запоріжжя, ЗНТУ, 1996.-55с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування для студентів спеціальностей: 8.090203,8.090202, 7.100102 усіх форм навчання/ укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексеєнко. - Запоріжжя: ЗДТУ, 1999. - 78с.
3. Баранчиков В.И. "Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов", 1990.-400с.
4. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т. 2 Под ред. Е.И. Стружестраха. М.: Машгиз, 1961. - 891 с.
5. Справочник технолога-машинобудівника під ред. А.Г. Касілової, Р.К. Мещерякова. - М.: Машинобудування, 1985.т.1-655с.
6. Нормативные таблицы режимов резания для технического нормирования работ на токарных и сверлильных станках, часть 1. - 87с.
7. Курс лекций по дисциплине "Технологическая оснастка" для направлений подготовки 6.050502 "Инженерная механика" и 6.050503 "Машиностроение" по специальностям "Технологии машиностроения" и "Металлорежущие станки и системы" для всех форм обучения./П.А. Каморкин. – Запорожье: ЗНТУ, 2015.–228 с.
8. Виноградов, В. М. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность. Учебное пособие / В.М. Виноградов, А.А. Черепяхин. - М.: Форум, Инфра-М, 2014. - 192 с.
9. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств / А.А. Иванов. - М.: Форум, 2011. - 224 с.

10. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств. Учебное пособие / А.А. Иванов. - М.: Форум, Инфра - М, 2015. - 224 с.
11. Кайнова, Елена Геннадьевна Моделирование Химико-Технологических Процессов / Кайнова Елена Геннадьевна. - Москва: ИЛ, 2016. - 663 с.
12. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 192 с. — ISBN 978-5-94074-551-8
13. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизации проектирования. - М.: Радио и связь, 1988 - 288 с.
14. САПР изделий и технологических процессов в машиностроении / Р.А. Аллик, В.И. Бородянский, А.Г. Бурин и др. Под общ. ред. Р.А. Аллика. - Л.: Машиностроение, 1986. - 319 с.
15. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»(спеціалізація «Технологія машинобудування»); 133 «Галузеве машинобудування» (спеціалізація «Металорізальні верстати та системи); 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»(спеціалізація «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок») / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 –28 стор.
16. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень методом світлового потоку» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання /Укл. В.І. Шмирко, О.В. Коробко, А.Є. Островська. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 34с., 3(4) рис., (11) табл.
17. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. - Київ. Центр навчальної літератури. - 2006. - 438 с.