

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Підвищення продуктивності технологічного
процесу колеса вентилятора за рахунок використання
2D-модельного різання
Студент (ка) Чехова Наталя Володимирівна
Спеціальність 131, прикладна механіка
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний
Кількість аркушів креслень 6хА1, 4хА2, 4хА3
Кількість сторінок пояснювальної записки 119

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

мінімізувати роботу кристалічного асинхронного двигуна підвищення
продуктивності технологічного процесу виготовлення колеса вентилятора асинхронного ДМД.
Підвищення продуктивності здійснено за рахунок використання сучасних
технологій 2D-модельного різання

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

відповідає

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

мінімізувати роботу виконано на високому науково-технічному
рівні

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) немає

д) позитивні особливості в роботі розглянуті сучасні методи до
проєктування механізмів процесів виготовлення об'єкти розглянута
сучасна технологія 2D-модельного різання

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

виконано у відповідності до чинних стандартів

є) відгук про проект (роботу) загалом робота виконана тим, розглянуто вирішення аналітичної задачі. Робота виконана на високому науково-технічному рівні

ж) інші зауваження - Вибрані технологічні заходи впроваджені в операційній карті оп. 245 з метою технологічного переходу „Зенкування“ владний „Зенсерування“.

з) оцінка проекту (роботи) Робота виконана на високому рівні і заслуговує оцінки „Відмінно“

Рецензію склав доц.кадр. Т.М.Б. Н.Ч. „Зенкування полімерів“
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)
Могилков В.О.


(підпис)

« 6 » звернуся 20 19 р.

[12:28:52] **Ві** Найдено 2% совпадений по адресу:
http://www.zntu.edu.ua/sites/default/files/konf/metodychka_dyplomuvannya_dlya_magistriv_mf_131_133_134.pdf

[12:28:57] **Yah** Найдено 1% совпадений по адресу: <https://vstup.osvita.ua/spec/2-620-2/0-0-1517-0-0-0/>

[12:28:58] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №92 [3] (200043 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:29:03] **Yah** Найдено 1% совпадений по адресу:
[http://www.dnu.dp.ua/docs/vstup/2017/FTF/134_Avia_i_raketno-kosmichna_tehnika_\(Raketni_ta_kosmichni_kompleksy\).pdf](http://www.dnu.dp.ua/docs/vstup/2017/FTF/134_Avia_i_raketno-kosmichna_tehnika_(Raketni_ta_kosmichni_kompleksy).pdf)

[12:29:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №107 [3] (200043 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:29:17] **Yah** Найдено 1% совпадений по адресу: <https://khai.edu/assets/files/134.pdf>

[12:29:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №112 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:29:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №117 [3] (200043 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:30:10] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №122 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:30:30] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №132 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:30:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №172 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:39:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №177 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:39:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №182 [3] (200042 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:39:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №187 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:40:10] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №192 [3] (200042 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:40:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №197 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:40:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №202 [3] (200058 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:41:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №207 [3] (200027 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:41:16] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №212 [3] (200042 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)

[12:41:17] Тип проверки: *Стандартная*

[12:41:17] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 29%)**

[12:41:17] **Уникальность текста 76%® (Проигнорировано подстановок: 0%)**

 25.11.2019г.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему Підвищення продуктивності технологічного процесу колеса
вентилятора за рахунок використання гідроабразивного різання

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Мз-118м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Чехова Н.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Пухальська Г.В., доц.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет "Запорізька політехніка"
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) (магістерський) другий
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ доц. Дядя С.І.
 " 03 " 12 2019 року

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

Чеховій Наталі Володимирівні
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення продуктивності технологічного процесу 'Колеса вентиляторів' за рахунок використання гідроабразивного різання.

керівник проекту (роботи) Пухальська Г.В., доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2019 року № 417

2. Строк подання студентом проекту (роботи) є

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, річна програма випуску

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	Вишнепольський С.В.	20.10.19	29.11.19
Охорона праці	Шмирко В.І.	4.10.19	24.11.19
Технологічна частина	Пухальська Т.В.	10.09.19	23.11.19

7. Дата видачі завдання 10.09.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	21.02.19	
2	Розрахунок припусків та операційних розмірів	05.03.19	
3	Проектування маршруту обробки деталі	21.04.19	
4	Проектування та розрахунок робочого та контрольного пристосування	30.05.19	
5	Автоматизація виробництва	15.06.19	
6	Розрахунок деталі на міцність	30.06.19	
7	Збір даних с спецзавдання	21.07.19	
8	Збір даних з охорони праці	18.10.19	

Студент

Тех
(підпис)

Чехова Т.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Тех
(підпис)

Пухальська
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 115 стор., 8 табл., 34 рис., 16 джерел, 4 додатки.

Об'єкт дослідження - Колесо вентилятора 2 ступеня.

Мета дипломного проекту – складання технологічного процесу обробки заданої деталі, розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, розрахування ефективності та доцільності використання гідроабразивного різання замість фрезерної обробки.

В ході виконання роботи був спроектований технологічний процес обробки деталі, спроектоване робоче та контрольне пристосування. Для скорочення часу на контроль розмірів в якості автоматизації виробництва можна використовувати координатно-вимірювальну машину.

Запропоновано заміну фрезерної обробки міжлопаткового простору колеса на гідроабразивне різання. Враховуючи переваги останнього методу, підраховали економічну ефективність обох видів обробки. За даними розрахунку остаточно зупинились на методі обробки гідроабразивним різанням.

Розроблені та запропоновані заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов при проведенні робіт.

МОНОКОЛЕСО, ЧПК, ПРИСТОСУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ГІДРОАБРАЗИВНЕ РІЗАННЯ, КВМ.

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	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	19
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	22
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	31
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	32
1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу	37
1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	58
1.7.1 Розробка токарної операції	58
1.7.2 Розробка свердлильної операції	61
1.7.3 Розробка фрезерної операції	64
2 Конструкторська частина	67
2.1 Проектування робочого пристосування	67
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	67
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	67
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	70
2.2 Проектування контрольного пристосування	77
3 Автоматизація контролю	82
4 Спеціальне завдання. Гідроабразивне різання моноколес	86
ГТД	86

5 Розрахунок на міцність	91
6 Оцінка економічної ефективності використання гідроабразивного різання в порівнянні з фрезерною обробкою	95
7 Охорона праці	100
7.1 Аналіз потенційних небезпек	100
7.2 Заходи з забезпечення безпеки	102
7.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці	106
7.4 Заходи з пожежної безпеки	108
7.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях	110
Висновки	113
Перелік посилань	114
Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	116
Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	117
Додаток В. Специфікація на автоматизоване пристосування	118

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МОП - маршрут обробки поверхні;

МВД - маршрут виготовлення деталі;

ЧПК - числове програмне керування;

КВМ - координатно-вимірювальна машина;

ІГ - індикаторна головка;

САПР - система автоматизованого проектування;

ГАР - гідроабразивне різання;

ПК - персональний комп'ютер.

ВСТУП

Технологічний процес - частина виробничого процесу, що містить цілеспрямовані дії по зміні і визначенню стану предмету праці. Під зміною стану предмету праці розуміється зміна його фізичних, хімічних, механічних властивостей, геометрії, зовнішнього вигляду. Окрім цього, в технологічний процес включені додаткові дії, безпосередньо зв'язані або супутні якісній зміні об'єкту виробництва; до них відносять контроль якості, транспортування і ін.

Для здійснення технологічного процесу необхідна сукупність знарядь виробництва - засобів технологічного оснащення і робоче місце (а також предмет праці).

Технологічною операцією називається закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці. Операція охоплює всі дії устаткування і робітників над одним або декількома об'єктами виробництва. При обробці на верстатах операція включає всі дії робітника, що управляє технологічною системою, установку і зняття предмету праці, а також рухи робочих органів технологічної системи.

Формують операцію, головним чином, за організаційним принципом, оскільки вона є основним елементом виробничого планування і обліку. На операцію звичайно розробляється вся планова, облікова і технологічна документація.

У свою чергу, технологічна операція також складається з ряду елементів: технологічних і допоміжних переходів, установів, позицій, робочих ходів.

Проектування - один з найскладніших, відповідальних і творчих етапів створення будь-якого машинобудівного виробу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь: Колесо вентилятора 2 ступеня.

Колесо другого ступеня вентилятора виконано цільним і складається з диска, робочих лопаток, конічної оболонки з фланцем і двох лабіринтів. На конічній оболонці і задній внутрішній поверхні обода диска передбачені кільцеві бурти для знімання металу при балансуванні колеса. Передній лабіринт з внутрішнім кільцем направляючого апарату першого ступеня вентилятора утворює міжступінчасте ущільнення і забезпечує дію осьової сили на шарикопідшипник опори вентилятора. Ззаду фланця конічної оболонки виконаний посадковий пояс, яким колесо центрується з натягом на зовнішньому діаметрі фланця вала вентилятора.

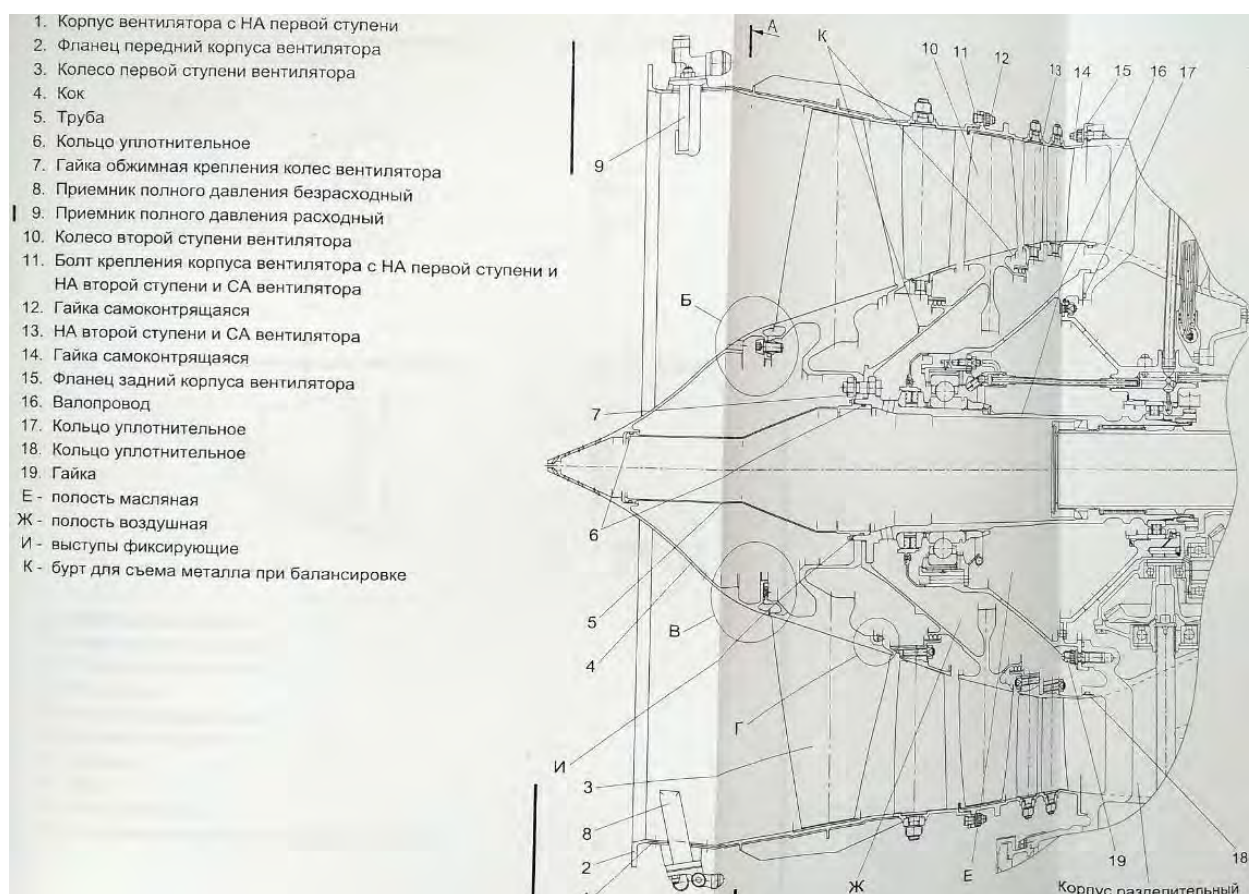


Рисунок 1.1 - Будова вентилятора

Матеріал деталі - титановий сплав ВТ6.

Механічні властивості при $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ матеріалу ВТ6:

- границя міцності $\sigma_B = 1000\text{ МПа}$;
- відносне подовження $\delta = 8\%$;
- ударна в'язкість $KCU=300\text{ кДж / м}^2$.

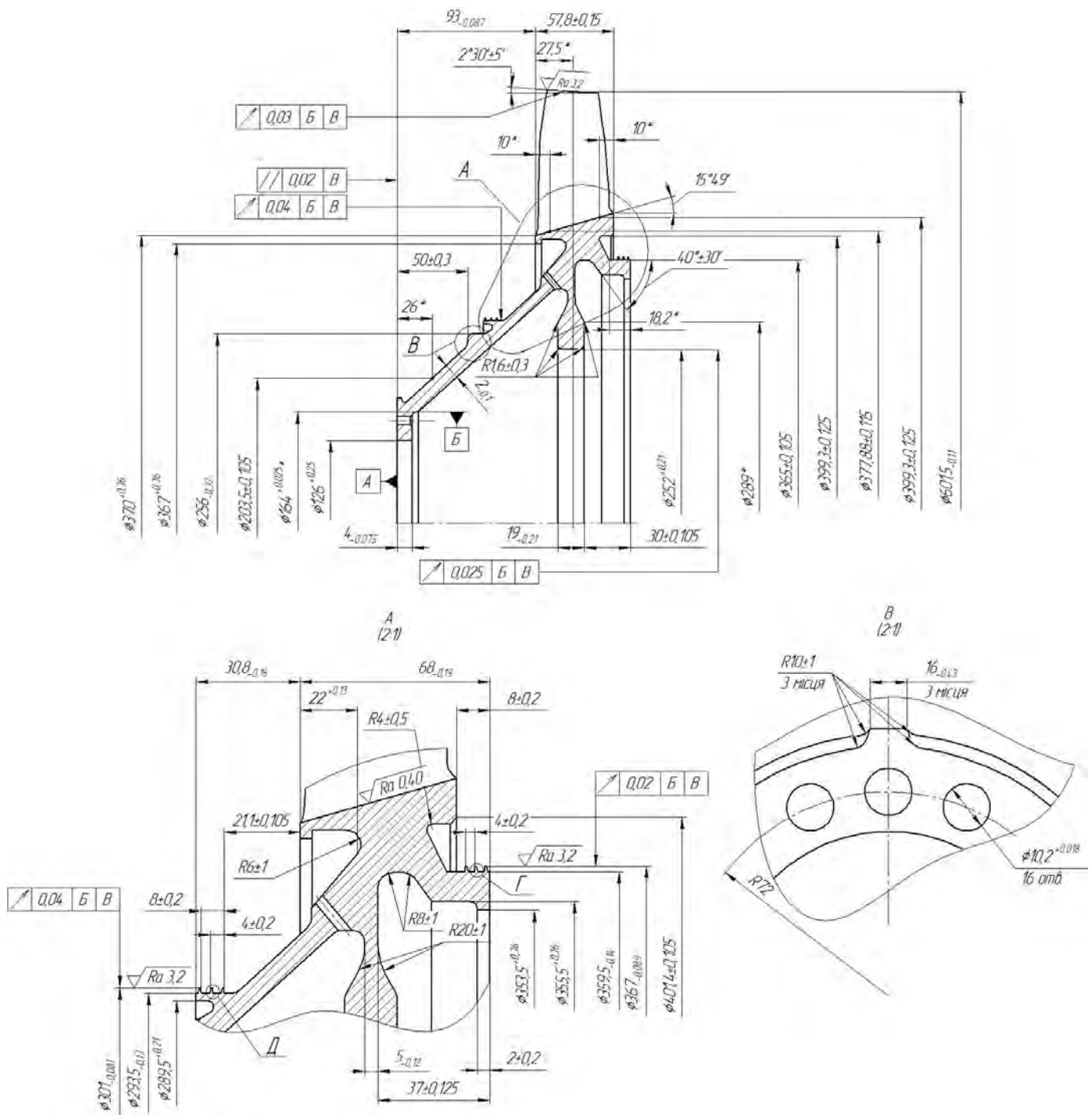


Рисунок 1.2 - Креслення деталі

Таблиця 1.1 - Хімічний склад в % матеріалу VT6

Fe	C	Si	V	N	Ti	Al	Zr	O	H	Домішок
до 0,6	до 0,1	до 0,1	3,5 - 5,3	до 0,05	86,45 - 90,9	5,3 - 6,8	до 0,3	до 0,2	до 0,015	Інших 0,3

VT6 - титановий деформований сплав з високими показниками міцності та антикорозійними властивостями. За структурою кристалічної решітки ця марка титану відноситься до змішаного класу. Конфігурація ($\alpha + \beta$) об'єднує в собі корисні властивості інших сплавів. Основними легуючими елементами для титану VT6 є алюміній і ванадій. Також до його складу входить незначна кількість цирконію, заліза, кисню, кремнію, вуглецю, азоту і водню. Сплав VT6 добре зварюється і обробляється тиском в гарячому стані. Міцність і пластичність зварного шва практично не відрізняється від основного металу. Даний сплав широко застосовується в різних галузях сучасної промисловості. З нього виготовляють великогабаритні зварні та збірні конструкції літальних апаратів, напівфабрикати і балони, що працюють під тиском.

Титан має високу міцність, низьку чутливість до водню, низьку схильність до корозії і високу технологічність. Вплив титану з азотом настає при температурі 500 градусів, при цьому проявляються нітриди, здатні поліпшити міцність і твердість металу, одночасно роблячи його менш пластичним. Водень також впливає на титан не кращим чином і значно погіршує його властивості при температурі 200 – 300 градусів.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Одним з основних принципів побудови технологічного процесу є принцип суміщення технічних, економічних та організаційних задач, що вирішуються за даних умов виробництва. Проектувальний технологічний процес безумовно повинен забезпечити виконання всіх вимог до точності та якості виробу, які

передбачені кресленням та технічними умовами. При цьому виготовлення виробу повинно супроводжуватися найменшими затратами праці й мінімальною собівартістю, а також характеризуватися виготовленням виробів потрібної кількості та в терміни, що встановлені виробничою програмою.

Один з факторів, що знижує собівартість продукції, є правильний вибір типу й організації виробництва та, відповідно, побудова технологічного процесу в повній відповідності до вибраного типу виробництва.

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;

$$n = \frac{a \cdot N}{A} = \frac{12 \cdot 5000}{250} = 240 \text{ шт}$$

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.

Пропоную порівняти два види отримання заготовки штампуванням: в кривошипному гарячештампованому пресі та на молотах.

Вихідні дані:

Матеріал – сплав ВТ6

Річна програма випуску $N = 5000$ шт.

Тип виробництва – серійний.

Маса деталі $q = 16,43$ кг

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки за формулою 1.2:

$$\eta = \frac{q}{Q}$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

Вартість 1 заготовки отриманої штамповкою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх}}{1000}$$

де B_B – базова вартість 1т. заготовок, грн.;

K_T, K_M, K_B, K_3, K_P – коефіцієнти, що враховують клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску.

Річна економія на виготовлення заготовки:

$$E_{изг} = (B_2 - B_1) \cdot N$$

де B_1, B_2 – вартість 1 заготовки, грн;

N – річна програма випуску.

Річна економія матеріалу:

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

де q – маса деталі;

η_1, η_2 – коефіцієнти використання матеріалу для першого та другого способу отримання заготовки.

Для спрощення конфігурації штамповки призначаємо допуски на отвори $\emptyset 10,2$ мм, лопаточні поверхні, пази, вибірки, всі фаски і канавки, т. я. їх неможливо отримати при виготовленні заготовки обраними методами штамповки.

Припуск на сторону обираємо за [2, с. 12, табл. 1.3].

Розміри заготовки заносимо в таблицю 1.2.

Визначаємо масу штамповки в програмі Компас 3D на КГШП (рис.1.3).

Ескіз штамповки на КГШП на рис. 1.4.

Визначаємо масу штамповки в програмі Компас 3D на молотах (рис.1.5).

Ескіз штамповки на рис. 1.6.

Визначаємо масу деталі в програмі Siemens NX (рис.1.7).

Таблиця 1.2 - Розміри заготовки на КГШП

Номинальний розмір, мм	Розрахунок розміру, мм	Фактичний розмір, мм
Ø601,5	$601,5+2\cdot2,3=606,1$	Ø606
Ø367	$367+2\cdot2,3=371,6$	Ø372
Ø353	$353+2\cdot2,3=348,4$	Ø348
Ø301	$301+2\cdot2,3=305,6$	Ø306
Ø252	$252+2\cdot2,3=247,4$	Ø247
Ø184	$184+2\cdot2,3=188,6$	Ø189
Ø164	$164+2\cdot2,3=159,4$	Ø159
Ø126	$126+2\cdot2,3=121,4$	Ø121
93	$93+2\cdot3-2,3=93$	93
57,8	$57,8+2\cdot2,3=62,4$	62
9,7	$9,7+2\cdot3-2,3=9,7$	10
30	$30+2\cdot3-2,3=30$	30
62	$62+2\cdot3-2,3=62$	62
4	$4+2\cdot2,3=8,6$	9

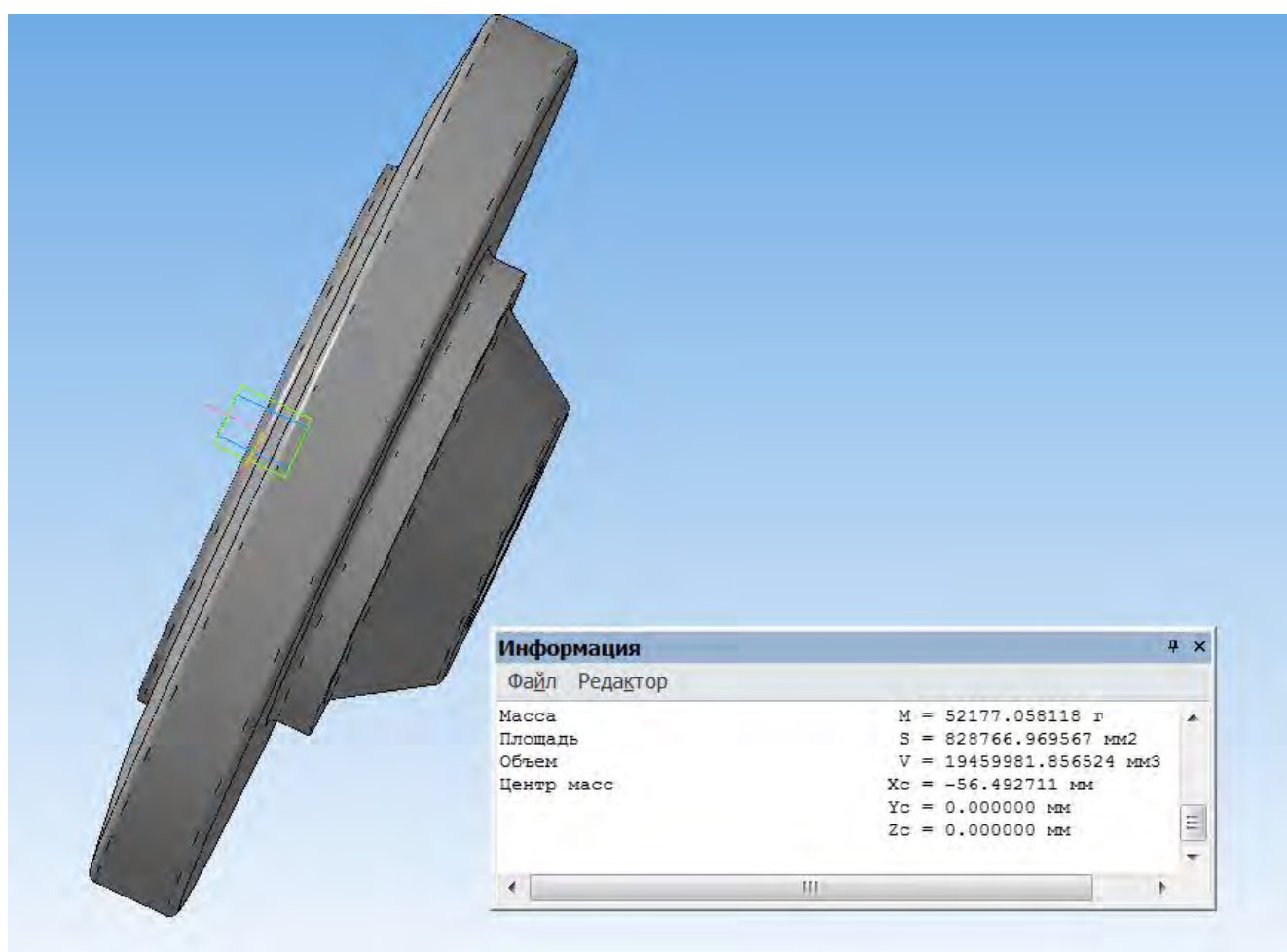


Рисунок 1.3 - Визначення маси штамповки на КГШП в Компас 3D

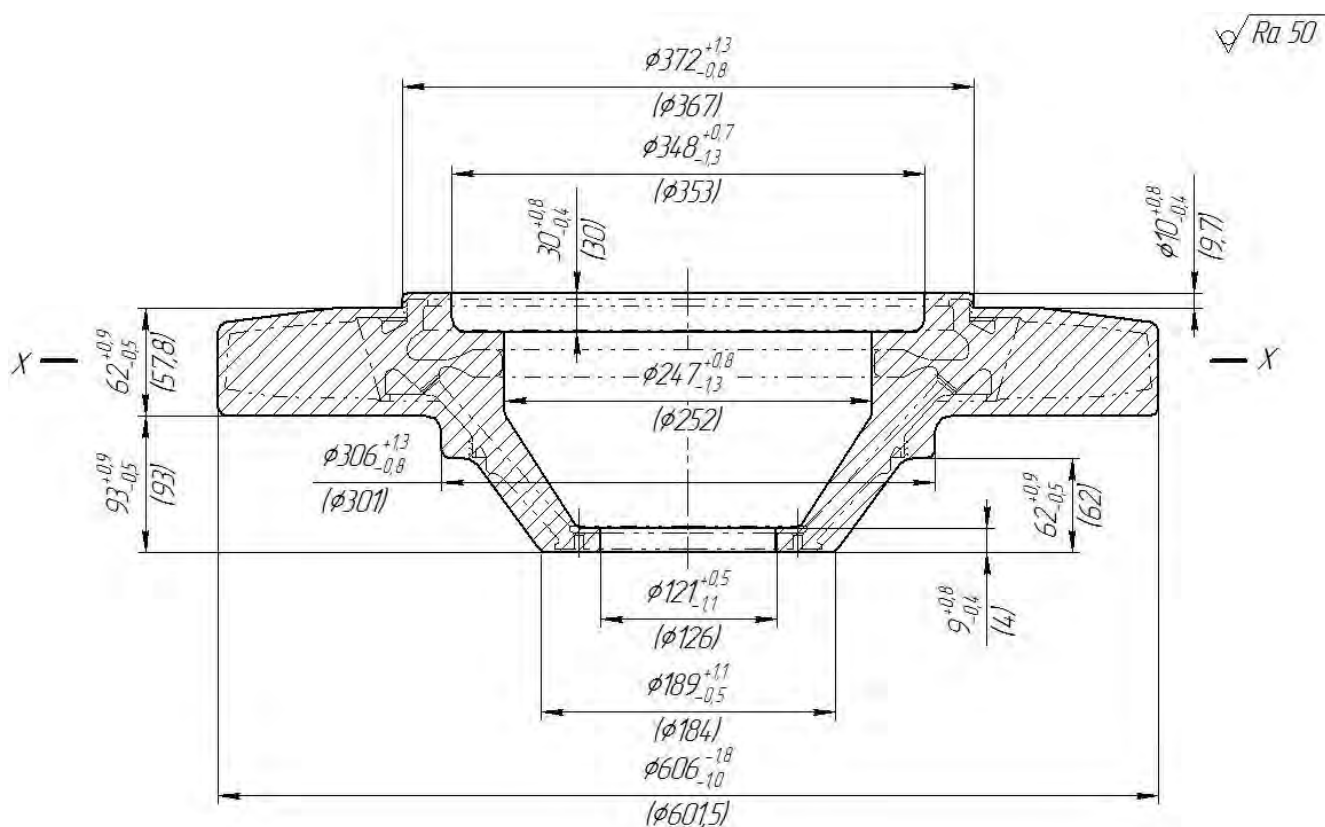


Рисунок 1.4 - Ескіз штамповки на КГШП

Таблиця 1.3 - Розміри заготовки на молотах

Номинальний розмір, мм	Розрахунок розміру, мм	Фактичний розмір, мм
Ø601,5	$601,5 + 2 \cdot 3,3 = 608,1$	Ø608
Ø367	$367 + 2 \cdot 3,3 = 373,6$	Ø374
Ø353	$353 + 2 \cdot 3,3 = 346,4$	Ø346
Ø301	$301 + 2 \cdot 3,3 = 307,6$	Ø308
Ø252	$252 + 2 \cdot 3,3 = 245,4$	Ø245
Ø184	$184 + 2 \cdot 3,3 = 190,6$	Ø191
Ø164	$164 + 2 \cdot 3,3 = 157,4$	Ø157
Ø126	$126 + 2 \cdot 3,3 = 119,4$	Ø119
93	$93 + 3,3 - 3,3 = 93$	93
57,8	$57,8 + 2 \cdot 3,3 = 64,4$	64
9,7	$9,7 + 3,3 - 3,3 = 9,7$	10
30	$30 + 2,3 - 2,3 = 30$	30
62	$62 + 2,3 - 2,3 = 62$	62
4	$4 + 2,3 - 2,3 = 4$	9

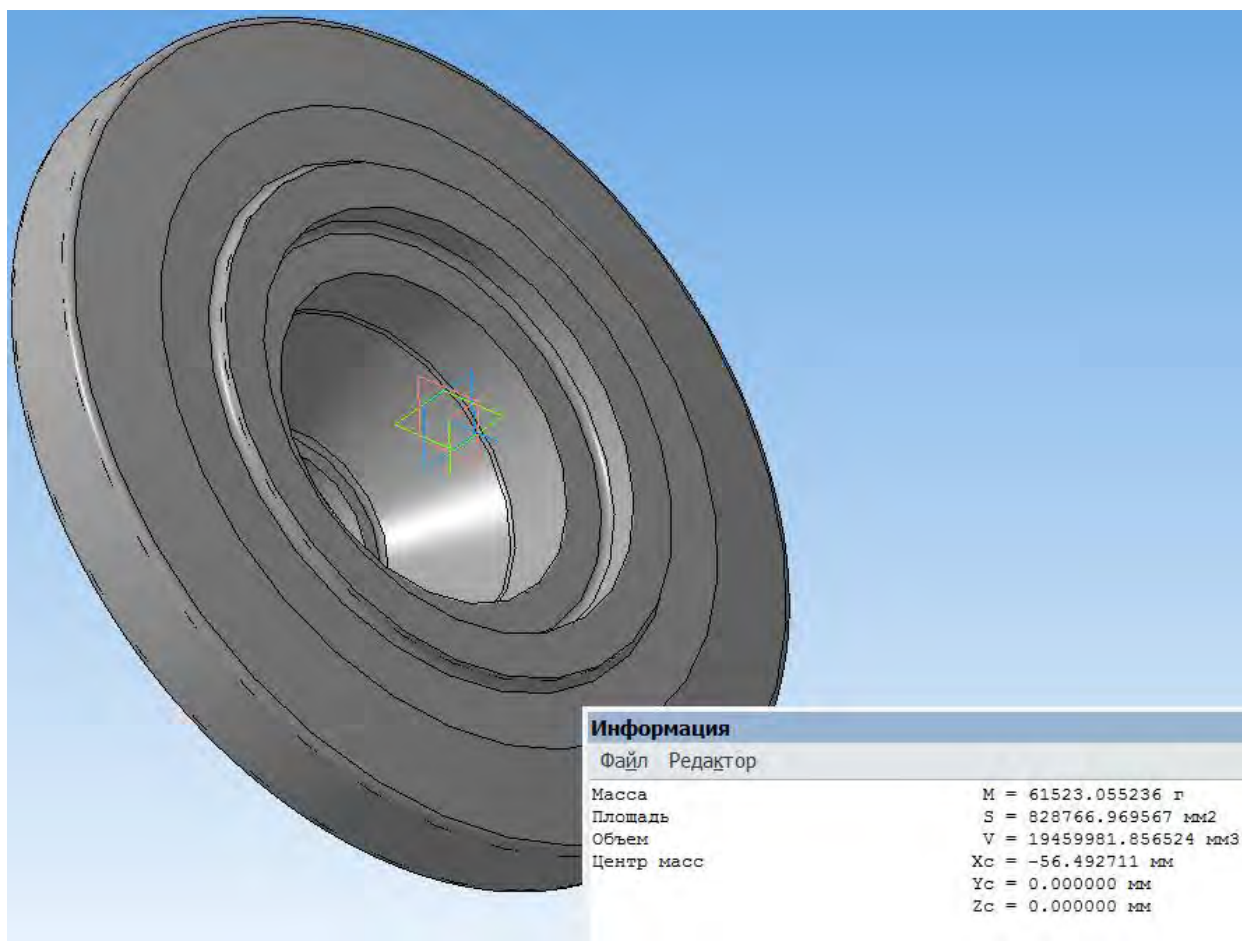


Рисунок 1.5 - Визначення маси штамповки на молотах в Компас 3D

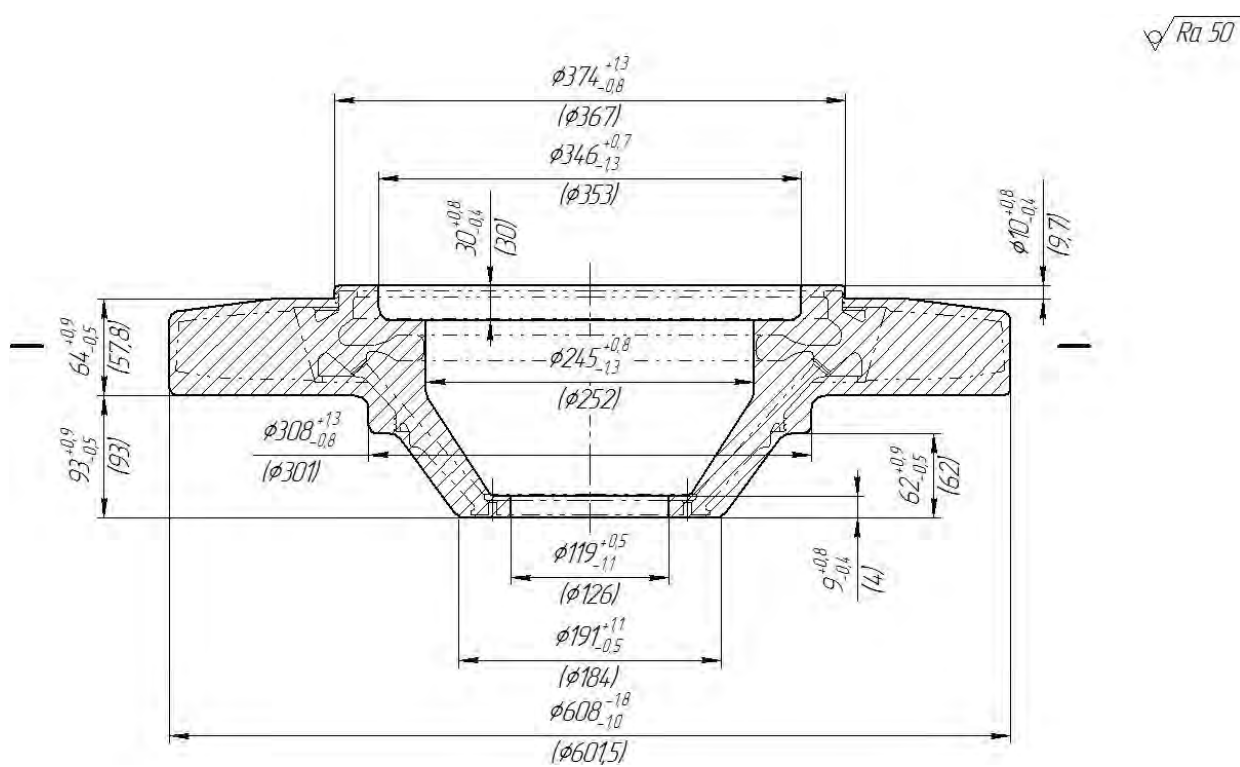


Рисунок 1.6 - Ескіз штамповки на молотах

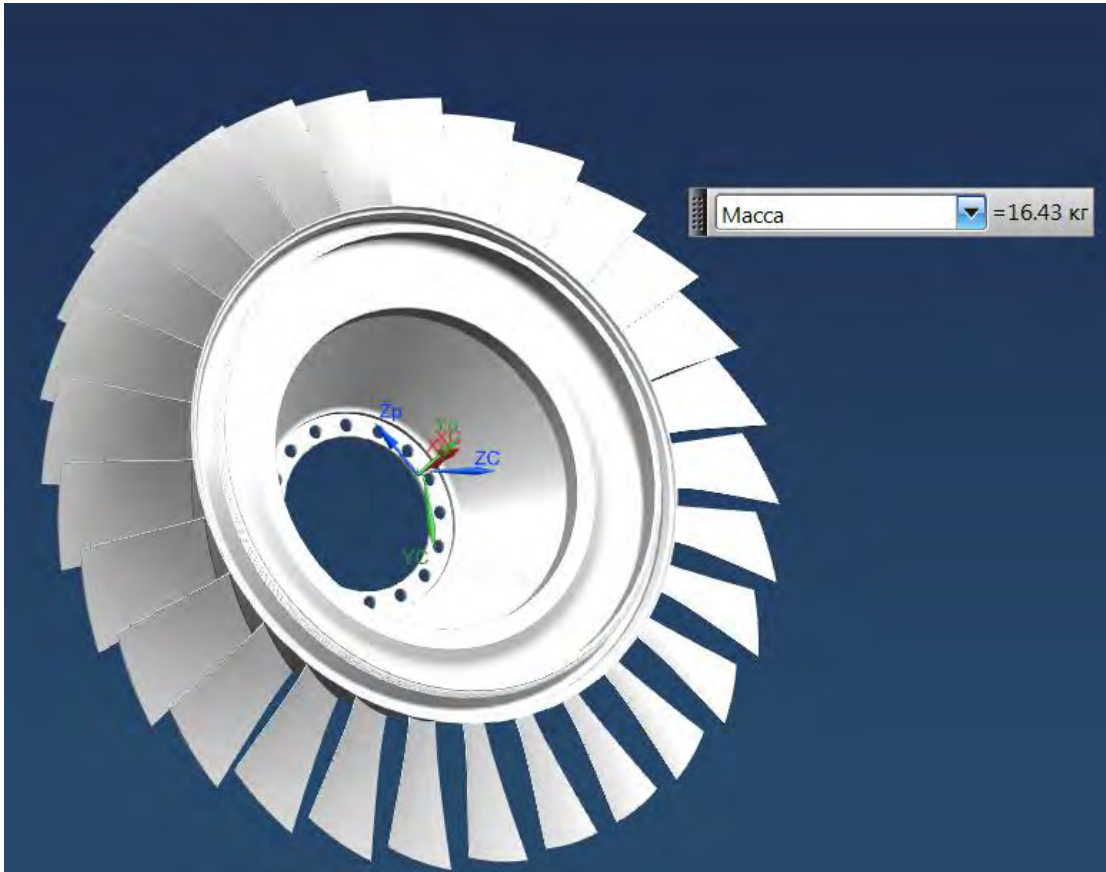


Рисунок 1.7 - Розрахунок маси деталі в Siemens NX

Знайдемо коефіцієнт використання матеріалу за формулою 1.2:

$$\eta_{\text{молот}} = \frac{16,43}{61,52} = 0,27$$

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{16,43}{52,18} = 0,31$$

$$\eta_{\text{молот}} < \eta_{\text{КГШП}}$$

Знайдемо собівартість заготовок за формулою 1.3:

$$\begin{aligned} B_{\text{молот}} &= \frac{3150}{1000} \cdot 61,52 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,9 \cdot 1 - (61,52 - 16,43) \cdot \frac{140}{1000} = \\ &= 245,15 \text{ грн;} \end{aligned}$$

$$V_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 52,18 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,9 \cdot 1 - (52,18 - 16,43) \cdot \frac{140}{1000} =$$

$$= 231,98 \text{ грн};$$

$$V_{\text{МОЛОТ}} > V_{\text{КГШП}}$$

Річний економічний ефект розраховуємо за формулою 1.4:

$$E = (245,15 - 231,98) \cdot 5000 = 65850 \text{ грн}$$

Річна економія матеріалу за формулою 1.5:

$$M = \frac{16,43 \cdot (0,31 - 0,27)}{0,31 \cdot 0,27} \cdot 5000 = 39259,3 \text{ кг}$$

Так як $V_{\text{МОЛОТ}} > V_{\text{КГШП}}$ та $\eta_{\text{МОЛОТ}} < \eta_{\text{КГШП}}$, дану деталь краще виготовляти за допомогою КГШП так як цей метод дешевше та продуктивніше.

Таблиця 1.4 - Параметри заготовки

Показник	Позначення	Од. виміру	Молота	КГШП
Маса	Q	кг	61,52	52,18
Припуск	z	мм	3,3	2,3
Баз. ціна 1т. заготовок	V_6	грн	3150	3500
Вартість 1 т. стружки	$V_{\text{отх}}$	грн	140	140
Вартість 1 заготовки	V	грн	245,15	231,98
КВМ	η	-	0,27	0,31

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 заготовлі, 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 "колесо вентилятора 2 ступеня" - 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.

$$K_{\text{вик}} = \frac{16,43}{52,18} = 0,31 < 0,8$$

За даним показником деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{Q_{\text{у.е.}}}{Q_{\text{е}}} \geq 0,6$$

де $Q_{\text{у.е.}}$ – загальна кількість конструктивних елементів;

$Q_{\text{е}}$ – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{18}{21} = 0,85 \geq 0,6$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки:

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

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

де n - кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k - квалітет точності;

A_{CP} - середній квалітет точності.

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

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

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32$$

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

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

де k - значення параметра шорсткості;

n - кількість поверхонь, які мають відповідну шорсткість;

$$B_{CP} = \frac{0,4 \cdot 3 + 0,8 \cdot 20 + 1,6 \cdot 10 + 3,2 \cdot 10}{43} = 3,1$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,1} = 0,31 < 0,32$$

За даним показником деталь технологічна.

За кількісними характеристиками можемо зробити висновок, що деталь нетехнологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Процес переходу від заготовки до деталі необхідно виконувати 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:

$$\varepsilon_{0i} = \frac{Ti_{заг}}{Ti_{дем}}$$

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

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

- кількість переходів за лімітуючим показником:

$$k_{Ti} = 2lg\varepsilon_{T0i}$$

- часткове уточнення на кожному j-тому переході

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

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:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij}$$

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\emptyset 301_{-0,081} \text{ мм}$

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Заготовка:

$Td_3 = 2100 \text{ мкм};$

$Ra_3 = 50 \text{ мкм};$

Квалітет - IT 15;

Деталь:

$Td_d = 0,081 \text{ мм} = 81 \text{ мкм};$

$Ra_d = 3,2 \text{ мкм}$

Квалітет – h8.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{2100}{81} = 25,9$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} = \frac{50}{3,2} = 15,625$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.13):

$$k_{\text{розр}} = 2 \lg \varepsilon_{oTd} = 3,1$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 15 - 8 = 7 = 3 + 2 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT15 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow T/O \rightarrow h8$$

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

Визначаємо часткові уточнення за формулою (1.14):

1) Точіння чорнове

$$\mathcal{E}_{Td1} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_1} = \frac{2100}{520} = 4,1,$$

$$\mathcal{E}_{Ra1} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_1} = \frac{50}{12,5} = 4.$$

2) Точіння чистове

$$\mathcal{E}_{Td2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{520}{210} = 2,5,$$

$$\mathcal{E}_{Ra2} = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98.$$

3) Термічна обробка

4) Точіння тонке

$$\mathcal{E}_{Td4} = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{210}{81} = 2,6$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97.$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.15):

$$\varepsilon_{Td0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iTd} = \varepsilon_{1Td} \cdot \varepsilon_{2Td} \cdot \varepsilon_{4Td} = 4,1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 = 26,6$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iRa} = \varepsilon_{1Ra} \cdot \varepsilon_{2Ra} \cdot \varepsilon_{4Ra} = 4 \cdot 1,98 \cdot 1,97 = 15,6$$

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

$$25,9 \leq 26,6 - \text{вірно}$$

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

$$15,6 \leq 15,6 - \text{вірно}$$

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

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\emptyset 252^{+0,081}$ мм.

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Заготовка:

$$Td_3 = 2100 \text{ мкм};$$

$$Ra_3 = 50 \text{ мкм};$$

Квалітет - IT 15;

Деталь:

$$Td_d = 0,081 \text{ мм} = 81 \text{ мкм};$$

$$Ra_d = 1,6 \text{ мкм}$$

Квалітет – H8.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{2100}{81} = 25,9$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} = \frac{50}{1,6} = 31,25$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.13):

$$K_{\text{расч}} = 2lg \varepsilon_{Ra} = 3,2$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 15 - 8 = 7 = 3 + 2 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT15 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow T/O \rightarrow H8$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 1,6$$

Визначаємо часткові уточнення за формулою (1.14):

1) Розточування чорнове

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_1} = \frac{2100}{520} = 4,1,$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_1} = \frac{50}{6,3} = 7,94.$$

2) Розточування чистове

$$\mathcal{E}_{Td2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{520}{210} = 2,5,$$

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

3) т/о

4) Розточування тонке

$$\mathcal{E}_{Td4} = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{210}{81} = 2,6$$

$$\mathcal{E}_{Ra4} = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.15):

$$\mathcal{E}_{Td0} = \prod_{i=1}^k \mathcal{E}_{iTd} = \mathcal{E}_{1Td} \cdot \mathcal{E}_{2Td} \cdot \mathcal{E}_{4Td} = 4,1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 = 26,6$$

$$\mathcal{E}_{Ra0} = \prod_{i=1}^k \mathcal{E}_{iRa} = \mathcal{E}_{1Ra} \cdot \mathcal{E}_{2Ra} \cdot \mathcal{E}_{4Ra} = 7,94 \cdot 1,97 \cdot 2 = 31,4$$

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

$$25,9 \leq 26,6 - \text{вірно}$$

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

$$31,25 \leq 31,4 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятним. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.6 - Зведена таблиця МОП

№	Розмір, мм	Вид поверхні	Заготовка			Деталь			ε_{0Td}	ε_{0Ra}	k	Δ
			Кв.	Td, мкм	Ra, мкм	Кв.	Td, мкм	Ra, мкм				
1	$\varnothing 126^{+0,25}$	внутрішня циліндр.	IT15	1600	50	H11	250	1,6	6,4	31,25	2	4
2	$57,8 \pm 0,15$	торцева	IT15	1200	50	js12	300	1,6	4	31,25	2	3
3	$\varnothing 601,5_{-0,11}$	зовнішня циліндр.	IT15	2800	50	h8	110	3,2	25,45	15,6	3	7
4	$\varnothing 256_{-0,32}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	h11	320	3,2	-	-	2	-
5	$\varnothing 367^{+0,36}$	внутрішня циліндр.	-	-	-	H11	360	0,8	-	-	3	-
6	$\varnothing 294,5_{-0,32}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	h11	320	0,8	-	-	3	-
7	$93_{-0,087}$	торцева	IT15	1400	50	js9	87	0,8	16,1	62,5	4	6
8	$19_{-0,21}$	торцева	-	-	-	js12	210	0,8	-	-	3	-
9	$4_{-0,075}$	торцева	-	-	-	js11	75	0,8	-	-	3	-
10	$22^{+0,13}$	торцева	-	-	-	H11	130	0,8	-	-	3	-
11	$30,8_{-0,16}$	торцева	-	-	-	h10	160	0,8	-	-	3	-
12	$68_{-0,19}$	торцева	-	-	-	h11	190	0,8	-	-	3	-
13	$9,7 \pm 0,11$	торцева	IT15	580	50	js8	22	0,8	26,4	62,5	4	7
14	$8 \pm 0,02$	торцева	-	-	-	js9	40	0,8	-	-	3	-
15	$\varnothing 353,5^{+0,36}$	внутрішня циліндр.	IT15	2300	50	H11	360	0,8	6,4	62,5	3	4
16	$\varnothing 355,5^{+0,36}$	внутрішня циліндр.	-	-	-	H11	360	0,8	-	-	3	-
17	$2 \pm 0,02$	торцева	-	-	-	js10	40	0,8	-	-	3	-
18	$\varnothing 367_{-0,089}$	зовнішня циліндр.	IT15	2300	50	h8	89	0,8	25,8	62,5	4	7
19	$37 \pm 0,125$	торцева	-	-	-	js11	250	0,8	-	-	3	-
20	$5_{-0,12}$	торцева	-	-	-	js11	120	0,8	-	-	3	-
21	$\varnothing 289,5^{+0,21}$	внутрішня циліндр.	-	-	-	H10	210	0,8	-	-	3	-
22	$\varnothing 301_{-0,081}$	зовнішня циліндр.	IT15	2100	50	h8	81	3,2	25,8	15,6	3	7
23	$8 \pm 0,02$	торцева	-	-	-	js9	40	0,8	-	-	4	-
24	$4 \pm 0,02$	торцева	IT15	480	50	js9	40	0,8	12	62,5	3	6
25	$\varnothing 184_{-0,29}$	зовнішня циліндр.	IT15	1850	50	h11	290	0,8	6,4	62,5	3	7
26	$\varnothing 252^{+0,081}$	внутрішня циліндр.	IT15	2100	50	H8	81	1,6	25,9	31,25	3	7
27	$\varnothing 164^{+0,025}$	внутрішня циліндр.	IT15	1600	50	H6	25	0,8	64	62,5	3	9
28	$30 \pm 0,105$	торцева	IT15	1000	50	js11	210	0,8	4,8	62,5	3	4

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 припусків що знімаються, 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 переустановлень 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 $\varnothing 301_{-0,081} \text{ мм}$

Табличний метод:

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

1. Точіння чорнове $2z_2^{min} = 2 \cdot 4,2 = 8,4 \text{ мм};$
2. Точіння чистове $2z_3^{min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ мм};$
3. Точіння тонке $2z_5^{min} = 2 \cdot 0,22 = 0,44 \text{ мм};$

Визначення номінальних припусків:

$$\begin{aligned} 2z_2^H &= 2z_2^{min} + ei_1 = 8,4 + 0,8 = 9,2 \text{ мм}; \\ 2z_3^H &= 2z_3^{min} + Td_2 = 0,6 + 0,52 = 1,12 \text{ мм}; \\ 2z_5^H &= 2z_5^{min} + Td_3 = 0,44 + 0,21 = 0,65 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Знайдемо номінальні діаметри:

$$\begin{aligned} d_1^H &= d_2^H + 2z_2^H = 302,77 + 9,2 = 311,97 \text{ мм}; \\ d_2^H &= d_3^H + 2z_3^H = 301,65 + 1,12 = 302,77 \text{ мм}; \\ d_3^H &= d_5^H + 2z_5^H = 301 + 0,65 = 301,65 \text{ мм}; \\ d_5^H &= d_{\text{dem}}^H = 301 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$\begin{aligned} 2z_2^{max} &= 2z_2^{min} + Td_1 + Td_2 = 8,4 + 2,1 + 0,52 = 11,02 \text{ мм}; \\ 2z_3^{max} &= 2z_3^H + Td_3 = 1,12 + 0,21 = 1,33 \text{ мм}; \\ 2z_5^{max} &= 2z_5^H + Td_5 = 0,65 + 0,081 = 0,731 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_o^H = \sum 2z_i^H = 9,2 + 1,12 + 0,65 = 10,97 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$1. d_{заз}^H - d_{дем}^H = 2z_o^H$$

$$3011,97 - 301 = 10,97$$

$$10,97 = 10,97 - \text{вірно.}$$

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

$$11,02 - 8,4 = 2,1 + 0,52$$

$$2,62 = 2,62 - \text{вірно.}$$

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

$$1,33 - 0,6 = 0,52 + 0,21$$

$$0,73 = 0,73 - \text{вірно.}$$

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

$$0,731 - 0,44 = 0,21 + 0,081$$

$$0,291 = 0,291 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.7.

Циліндрична внутрішня поверхня $\varnothing 252^{+0,081}$

Розрахунково-аналітичний метод:

Визначаємо висоту нерівностей R_z та висоту дефектного шару h
[2, с. 19, табл. 3.7]: $R_z = 160$ мкм; $h = 300$ мкм.

За переходами:

1. Розточування чорнове $R_z = 40$ мкм; $h = 75$ мкм.

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

3. Розточування тонке $R_z = 10$ мкм; $h = 15$ мкм.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 301_{-0,081}\text{мм}$

	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	1,3	-0,8	2,1	-	311,97	$\varnothing 312_{-0,8}^{+1,3}$	-	-
2	Чорнове точіння	-	-0,52	0,52	9,2	302,77	$\varnothing 302,8_{-0,52}$	11,2	8,4
3	Чистове точіння	-	-0,21	0,21	1,12	301,65	$\varnothing 301,65_{-0,21}$	1,33	0,6
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування остаточне	-	-0,081	0,081	0,65	301	$\varnothing 301_{-0,081}$	0,731	0,44

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

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

$$\rho_{кор} = \rho_{кор}^{табл} \cdot l = 1 \cdot 160,5 = 160,5 \text{ мкм}$$

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

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зміщ}^2} = \sqrt{160,5^2 + 800^2} = 665,8 \text{ мкм}$$

За переходами :

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

$$K_{урозт.чорн.} = 0,06 ; K_{урозт.чист.} = 0,04 ; K_{утонок.} = 0,03$$

$$\rho_2 = 665,8 \cdot 0,06 = 40 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 40 \cdot 0,04 = 2 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = \rho_{кор.Т/О} \cdot l = 0,5 \cdot 160,5 = 80 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 80 \cdot 0,03 = 2 \text{ мкм}$$

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

Визначення мінімальних припусків:

$$2z_2^{min} = 2(160 + 300 + \sqrt{665,8^2 + 200^2}) = 2,3 \text{ мм};$$

$$2z_3^{min} = 2(40 + 75 + \sqrt{40^2 + 80^2}) = 0,4 \text{ мм};$$

$$2z_5^{min} = 2(20 + 20 + \sqrt{80^2 + 50^2}) = 0,2 \text{ мм};$$

Визначення номінальних припусків:

$$2z_2^H = 2z_2^{min} + es_1 = 2,3 + 1,3 = 3,6 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{min} + Td_2 = 0,4 + 0,52 = 0,92 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{min} + Td_3 = 0,2 + 0,21 = 0,41 \text{ мм};$$

Визначимо номінальні діаметри:

$$d_1^H = d_2^H - 2z_2^H = 250,67 - 3,6 = 247,07 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H - 2z_3^H = 251,59 - 0,92 = 250,67 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_5^H - 2z_5^H = 252 - 0,41 = 251,59 \text{ мм};$$

$$d_5^H = d_{dem}^H = 252 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$2z_2^{max} = 2z_2^{min} + Td_1 + Td_2 = 2,3 + 2,1 + 0,52 = 4,92 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = 2z_3^H + Td_3 = 0,92 + 0,21 = 1,13 \text{ мм};$$

$$2z_5^{max} = 2z_5^H + Td_5 = 0,41 + 0,081 = 0,491 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_o^H = \sum 2z_i^H = 3,6 + 0,92 + 0,41 = 4,93 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$1. d_{\text{дет}}^H - d_{\text{заг}}^H = 2z_o^H$$

$$252 - 247,07 = 4,93$$

$$4,93 = 4,93 - \text{вірно.}$$

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

$$4,92 - 2,3 = 2,1 + 0,52$$

$$2,62 = 2,62 - \text{вірно.}$$

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

$$1,13 - 0,4 = 0,52 + 0,21$$

$$0,73 = 0,73 - \text{вірно.}$$

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

$$0,491 - 0,2 = 0,21 + 0,081$$

$$0,291 = 0,291 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 - Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 252^{+0,081}$

	Операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε_i , мкм	T_d , мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d , мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівельна	160	300	665,8	-	2,1	-	247,07	$\varnothing 247^{+1,3}_{-0,8}$	-	-
2	Розточування чорнове	40	75	40	200	0,52	3,6	250,67	$\varnothing 250,7^{+0,52}$	4,92	2,3
3	Розточування чистове	20	20	2	80	0,21	0,92	251,59	$\varnothing 251,6^{+0,21}$	1,13	0,4
4	Т/О	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування	10	15	2	50	0,081	0,41	252	$\varnothing 252^{+0,081}$	0,491	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, зенкування:

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

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:

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

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

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

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

$K_{Sз}$ – 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:

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

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:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vз} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \quad (1.22)$$

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

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

Для свердління:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vd} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \quad (1.23)$$

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

Для фрезерування:

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

де 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

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{верст}}{1000} \quad (1.26)$$

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

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} \quad (1.27)$$

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).

Технологічний процес виготовлення виробу повинен виконуватися з найбільш повним використанням технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу й найменшій собівартості виробів. Для того щоб оцінити витрати часу, необхідно вести нормування технологічного процесу, тобто мати дані по нормах часу. Такими нормами можуть бути тільки технічно обґрунтовані норми часу - установлені для певних технічних-організаційно-технічних умов на виконання частини технологічного процесу, виходячи з повного й раціонального використання технічних можливостей засобів технологічного оснащення й з обліком передового виробничого досвіду.

При нормуванні ТП виготовлення деталі скористаємося аналітично-розрахунковим методом. Він передбачає визначення витрат часу на кожний елемент операції й на операцію в цілому по заздалегідь установленим, технічно обґрунтованим нормативам часу й оптимальних режимів роботи встаткування.

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.

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

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_v$$

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

$t_{\text{приб}}$ – час на обслуговування робочого місця та відпочинок, хв;

α_{Σ} – коефіцієнт прибавочного часу;

t_o - основний час, хв;

t_b - допоміжний час, хв.

$$t_o = \sum t_{oj} \quad (1.32)$$

$$t_{oj} = \sum t_{oi}, \quad (1.33)$$

$$t_{oi} = \frac{l_{p.x.}}{S_o \cdot n} \cdot i \quad (1.34)$$

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

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

$l_{p.x.}$ - довжина робочого ходу, мм;

i - кількість проходів.

Для шліфування основний час за формулою:

$$T_{осн} = \frac{L_{рез} \cdot z \cdot k}{S_o \cdot S_p \cdot n_{дет}} \cdot i \quad (1.35)$$

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

де k - коефіцієнт, що враховує серійність;

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

$t_{упр}$ - час, необхідний на управління верстатом, хв;

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

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

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

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

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

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

$t_{огр}$ – час на огорожу від стружки, хв.

Операція 045 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК TFM-100N.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

Інструмент: різець 25x30, $\varphi = 30^\circ$, T5K10, R=1 мм;

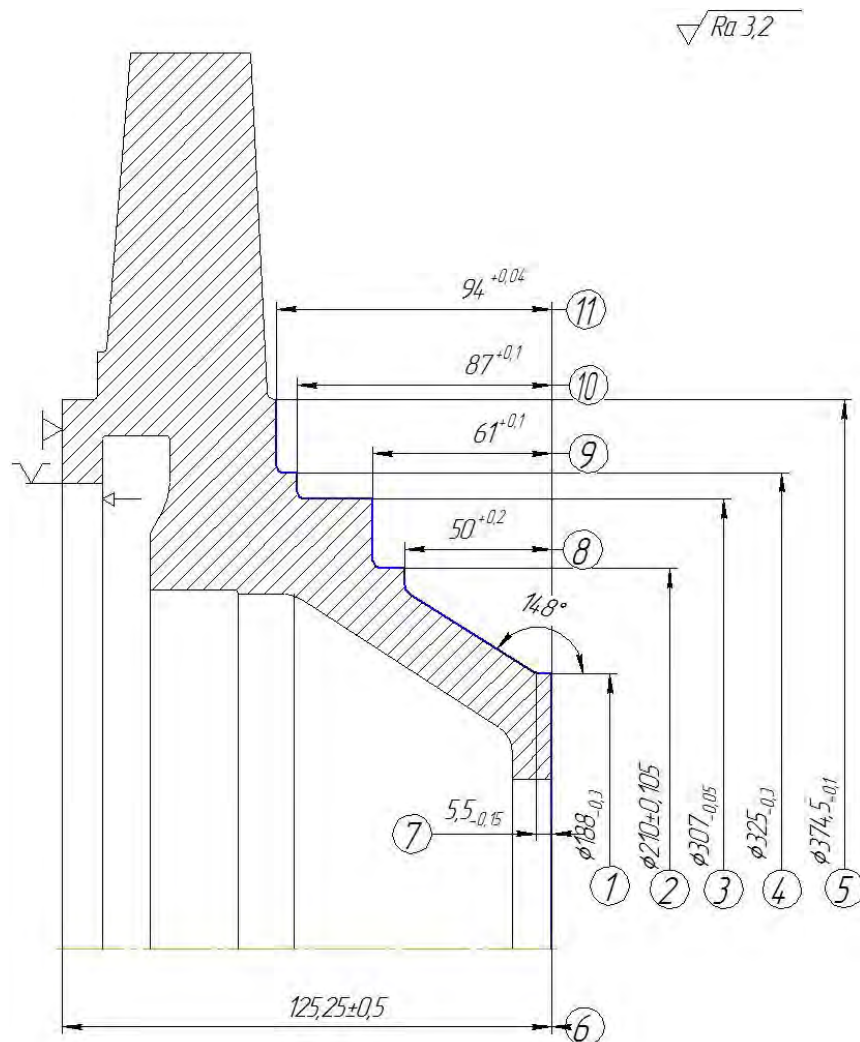


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз токарної операції

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60\text{хв}$;

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{214 - 210}{2} = 2 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{310 - 307}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$t_3 = 169 - 167 = 2 \text{ мм}$$

$$t_4 = 91 - 87 = 4 \text{ мм}$$

Перехід 1: Точити поверхню, витримуючи розміри 1,7.

Обираємо подачу за [3, с.237, т.26]: $S_{табл} = 0,45 \text{ мм/об.}$

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

$$S_{розр} = 0,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,38 \text{ мм/об}$$

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

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

$K_{S\phi} = 1$;

$K_{S3} = 1$;

$K_{Sж} = 1$ —для оброблюваного діаметра більше ніж 150 мм;

$K_{Sm} = 0,85$ —для титанового сплаву ВТ6.

Приймаємо $S_o = 0,35 \text{ мм/об.}$

Табличну швидкість обираємо за [3,с.249, т.46]: $V_{табл} = 25 \text{ м/хв.}$

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.22):

$$V_{розр} = 25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,3 = 27,6 \text{ м/хв}$$

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

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

$$K_{V3} = 1;$$

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

$$K_{Vm} = 0,85 \text{ — для титанового сплаву ВТ6};$$

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

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

За формулою (1.25) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 27,6}{3,14 \cdot 188} = 76,8 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 70 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 188 \cdot 70}{1000} = 26,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 2: Точити поверхні за програмою, витримуючи розміри 2,3,4,5,8,9,10,11.

Обираємо подачу за [3, с.237, т.26]: $S_{табл} = 0,38 \text{ мм/об}$.

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

$$S_{розр} = 0,38 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,32 \text{ мм/об}$$

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

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

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

$$K_{S3} = 1;$$

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

$$K_{Sm} = 0,85 \text{ — для титанового сплаву ВТ6}.$$

Приймаємо $S_o = 0,3$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3,с.249, т.46]: $V_{табл} = 25$ м/хв.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.22):

$$V_{розр} = 25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,3 = 27,6 \text{ м/хв}$$

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

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

$K_{Vз} = 1$;

$K_{Vж} = 1$ – для оброблюваного діаметра більше 150 мм;

$K_{Vm} = 0,85$ – для титанового сплаву ВТ-6;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР;

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

За формулою (1.25) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 27,6}{3,14 \cdot 307} = 28,6 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

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

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 307 \cdot 25}{1000} = 24,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Сила різання (для лімітуючого переходу):

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

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

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

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 (1.34):

$$L_1 = \frac{188}{2} + 3 + 3 = 100 \text{ мм}$$

$$T_{оч 1} = \frac{100}{0,35 \cdot 70} = 4,1 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$L_1 = \frac{210 - 188}{2} + 3 + 3 = 17 \text{ мм}$$

$$L_2 = 61 - 50 + 3 + 0 = 14 \text{ мм}$$

$$L_3 = \frac{307 - 210}{2} + 3 + 0 = 51,5 \text{ мм}$$

$$L_4 = 87 - 61 + 3 + 0 = 29 \text{ мм}$$

$$L_5 = \frac{325 - 307}{2} + 3 + 0 = 12 \text{ мм}$$

$$L_6 = 94 - 87 + 3 + 0 = 10 \text{ мм}$$

$$L_7 = \frac{375 - 325}{2} + 3 + 0 = 28 \text{ мм}$$

$$T_{оч 2} = \frac{17 + 14 + 51,5 + 29 + 12 + 10 + 28}{0,3 \cdot 25} = 21,5 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.32):

$$T_o = T_{осн\ 1} + T_{осн\ 2} = 4,1 + 21,5 = 25,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.36):

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

$$T_{упр} = 0,08 + 0,05 + 0,15 + 0,03 = 0,31 \text{ х в[5, карта 60-61, стр.150];}$$

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

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

Операційний час за формулою (1.30):

$$T_{он} = 25,6 + 1,16 = 26,76 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{приб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 26,76 = 2,94 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{шт-к} = 26,76 + 2,94 + \frac{19}{144} = 29,83 \text{ хв.}$$

Операція 245 Розточна з ЧПК

Операція виконується на оброблюючому центрі HURON 2X-20.

Інструмент: зенківка $\varnothing$ 10 мм ГОСТ 14953-80, матеріал Р6М5;

розгортка $\varnothing$ 10,2 мм ГОСТ 2034-80, матеріал Р6М5;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60\text{хв}$;

Глибина різання:

$$t = \frac{10,2 - 9}{2} = 0,6 \text{ мм}$$

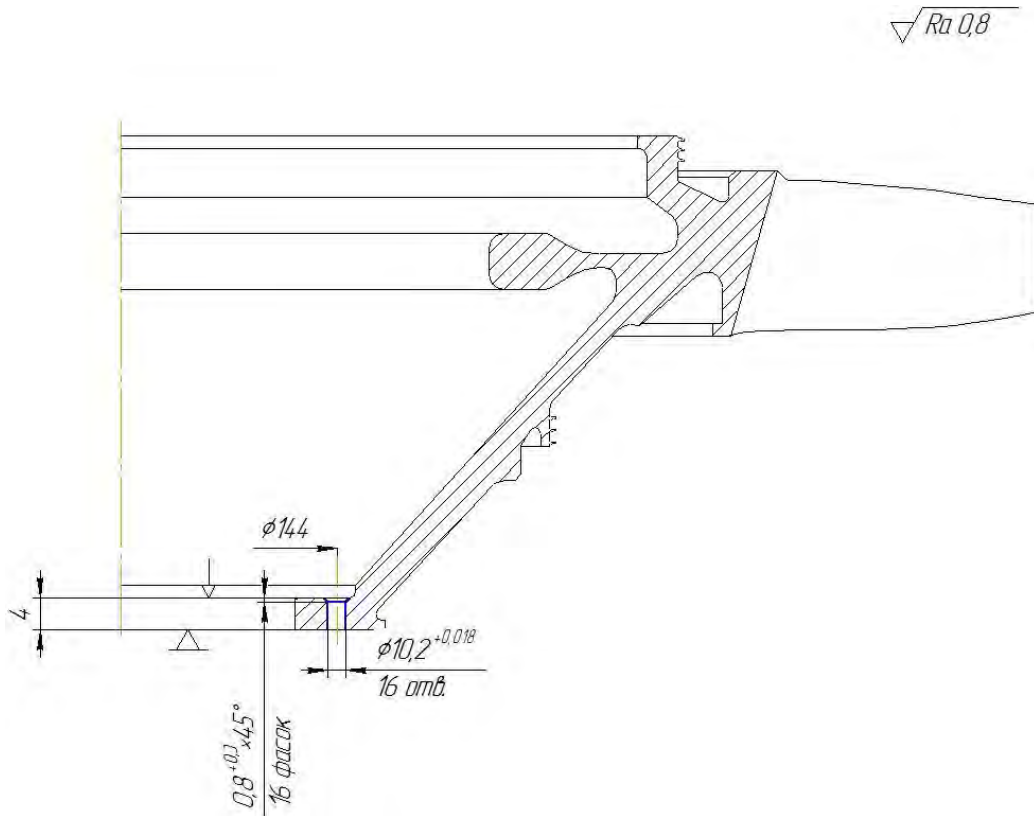


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз розточної операції

Перехід 1: Розточити 16 отворів $\phi 10,2$ мм.

Обираємо подачу за [3, с.285, т.86]: $S_{табл} = 0,8$ мм/об.

За формулою (1.19) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ мм/об}$$

де $K_{sd} = 1$ — для наскрізного отвору;

$K_{Sm} = 0,5$ — для титанового сплаву ВТ6.

Приймаємо $S_o = 0,4$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.290, т.97]: $V_{табл} = 5 \text{ м/хв}$.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.23):

$$V_{розр} = 5 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 4 \text{ м/хв}$$

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

$K_{Vu} = 0,8$ — 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 $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 4}{3,14 \cdot 10,2} = 124 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 120 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 10,2 \cdot 120}{1000} = 3,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 2: Зенкувати 16 фасок $0,8 \times 45^\circ$ мм.

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

За формулою (1.19) 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 ВТ6.

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 (1.23):

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

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 $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 5,5}{3,14 \cdot 9} = 194 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 190 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 190}{1000} = 5,3 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час:

Перехід 1:

$$L_2 = 5 + 5 + 4 = 14 \text{ мм}$$

$$T_{осн\ 2} = \frac{14}{0,4 \cdot 120} \cdot 16 = 4,67 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

Основний час за формулою (1.34):

$$L_1 = 5 + 0 + 0,8 = 5,8 \text{ мм}$$

$$T_{осн\ 1} = \frac{5,8}{0,4 \cdot 190} \cdot 16 = 1,22 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.32):

$$T_o = T_{осн\ 1} + T_{осн\ 2} = 1,22 + 4,67 = 5,89 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.36):

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

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

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

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

Операційний час за формулою (1.27):

$$T_{он} = 5,89 + 0,99 = 6,88 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{приб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 6,88 = 0,76 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{шт-к} = 6,88 + 0,76 + \frac{29}{240} = 7,76 \text{ хв.}$$

Операція 255 Фрезерна з ЧПК

Операція виконується на оброблюючому центрі HURON 2X-20.

Інструмент: фреза $\varnothing 18$ мм ГОСТ 29092-91, матеріал Р9М4К8;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання: $t_1 = 3,5$ мм;

Обираємо подачу на зуб за [3, с.305, т.113]: $S_{Zтабл} = 0,06$ мм/зуб.

За формулою (1.20) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,06 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,02 \text{ мм/об}$$

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

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

$K_{SR} = 0,5$.

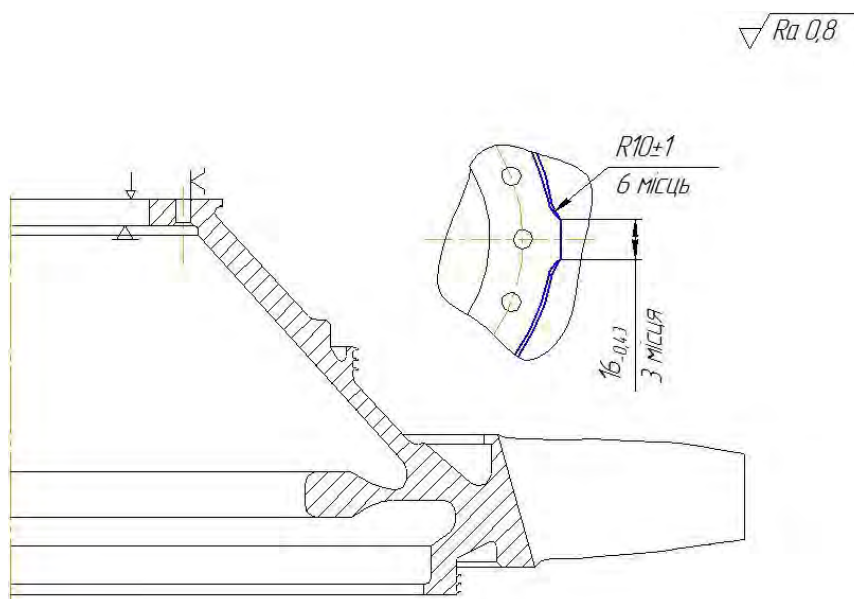


Рисунок 1.10 - Операційний ескіз фрезерної операції

$$S_o = S_{Z_{розр}} \cdot Z = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ мм/об}$$

де $Z=4$ – кількість зубів фрези.

Приймаємо $S_o = 0,06 \text{ мм/об}$.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.320, т.133]: $V_{табл} = 33 \text{ м/хв}$.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.24):

$$V_{розр} = 33 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 36,3 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{V\phi} = 1$ – для обробки пазу;

$K_{Vu} = 1,1$ – для інструменту з Р9М4К8;

$K_{VB} = 1$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.24) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 36,3}{3,14 \cdot 256} = 45,1 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 40 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 256 \cdot 40}{1000} = 32,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Основний час:

Основний час за формулою (1.34):

$$L_1 = 5 + 5 + 50 = 60 \text{ мм}$$

$$T_{осн} = \frac{60}{0,08 \cdot 40} \cdot 3 = 36,3 \text{хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.36):

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

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

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

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

Операційний час за формулою (1.30):

$$T_{он} = 36,3 + 0,99 = 37,29 \text{хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{приб} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 37,29 = 4,1 \text{хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{шт-к} = 37,29 + 4,1 + \frac{29}{240} = 41,5 \text{хв.}$$

Операція 285 Круглошліфувальна

Виконується на круглошліфувальному верстаті ХШ-264.

Шліфувальний круг 5-200x30x63 24А 40СМ1К ГОСТ 2424-82, 35 м/с.

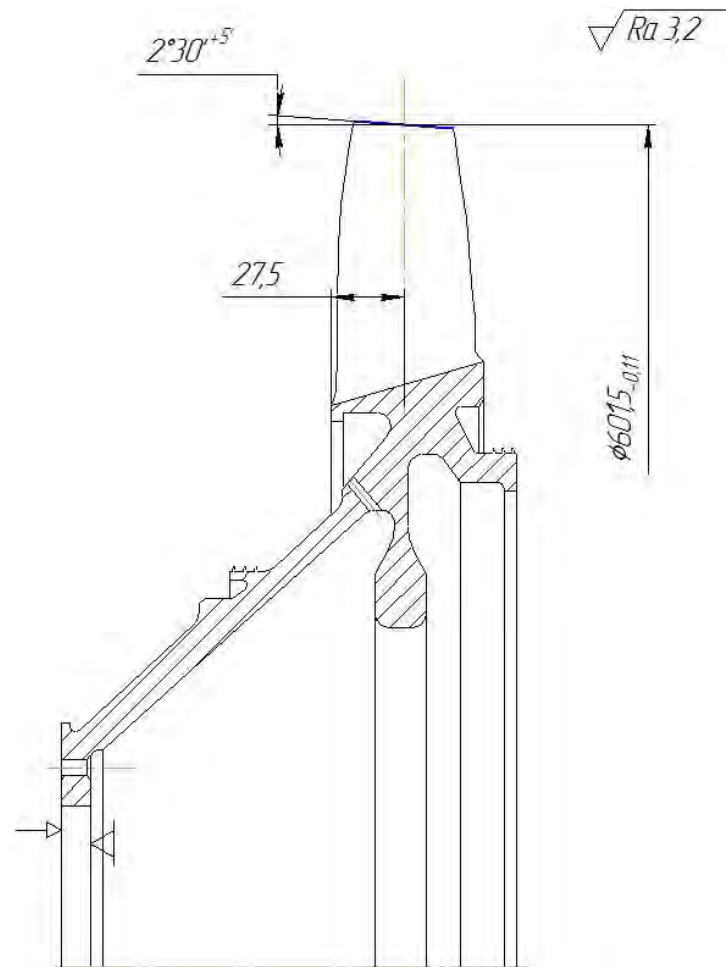


Рисунок 1.11 - Операційний ескіз шліфувальної операції

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

За формулою (1.21) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

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

$$\text{де } K_M = 0,46;$$

$$K_D = 1;$$

$$K_{V_k} = 1;$$

$$K_t = 1,4;$$

$$K_T = 0,75;$$

$$K_h = 0,76.$$

Приймаємо $S_0 = 0,005$ мм/об.

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

Частота обертання:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{кр}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{кр}}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 200} = 3343,9 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

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

Обираємо частоту обертання $n_{\text{кр}} = 3300 \frac{\text{об}}{\text{хв}}, n_{\text{дет}} = 60 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Фактична швидкість:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 3300}{1000 \cdot 60} = 33,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

Основний час за формулою (1.35):

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

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

Допоміжний час за формулою (1.36):

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

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

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

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

Операційний час за формулою (1.30):

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

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

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

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

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

1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.7.1 Розробка токарної операції

Операція 045 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК TFM-100N.

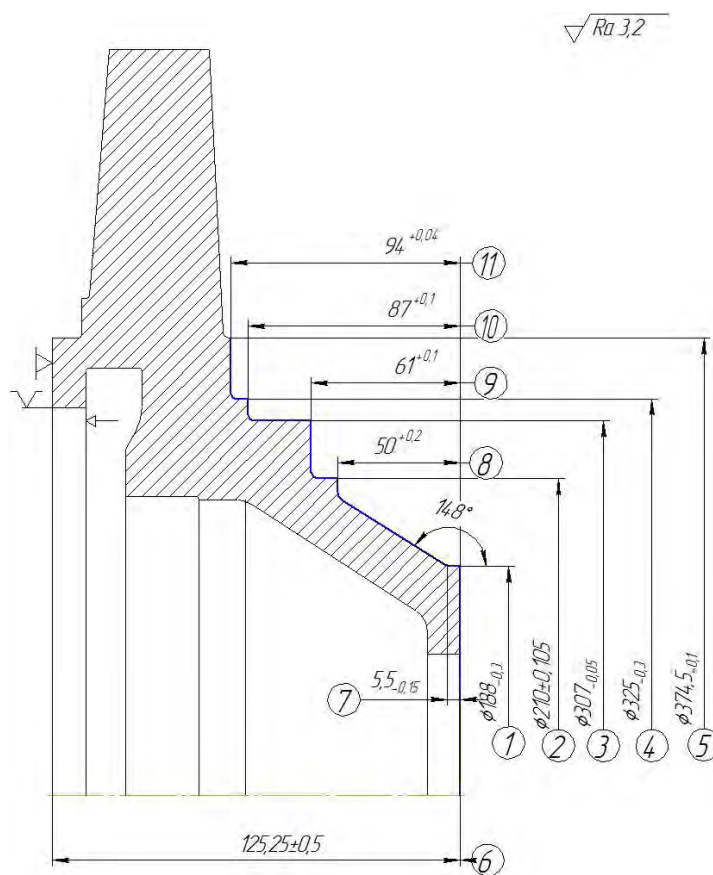


Рисунок 1.12 - Операційний ескіз токарної операції

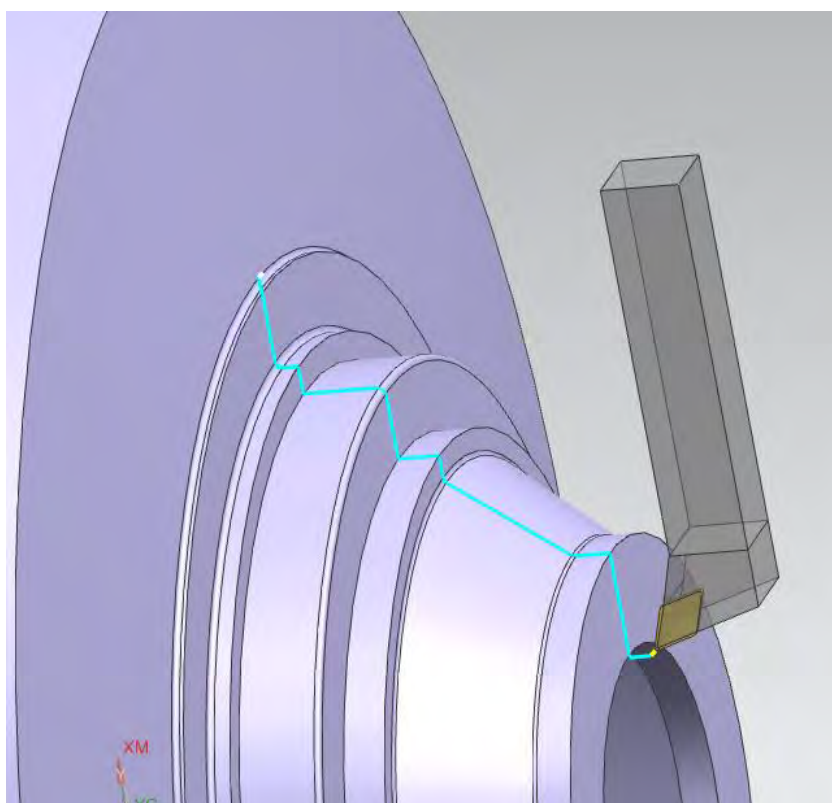


Рисунок 1.13 - Траєкторія токарної операції

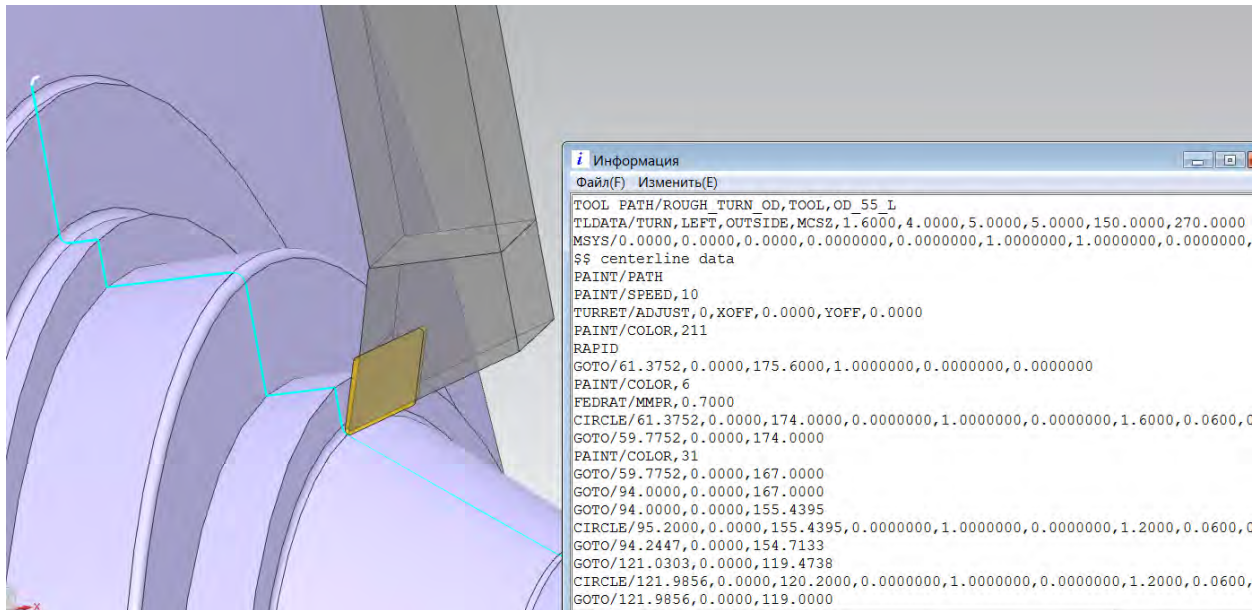


Рисунок 1.14- Керуюча програма токарної операції

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G97 S0 M03
N0050 G94 G00 X2.4163 Z6.9134
N0060 G95 G02 X2.3534 Z6.8504 I0.0 K-.063 F.004
N0070 G92 S0
N0080 G96 M03
N0090 G01 Z6.5748
N0100 X3.7008
N0110 Z6.1197
N0120 G02 X3.7104 Z6.0911 I.0472 K0.0
N0130 G01 X4.765 Z4.7037
N0140 G02 X4.8026 Z4.685 I.0376 K.0286
N0150 G01 X5.1181
N0160 Z4.1732
N0170 X5.9331
N0180 G03 X6.0433 Z4.063 I0.0 K-.1102
N0190 G01 Z3.1496
N0200 X6.3976
N0210 Z2.9213
N0220 G02 X6.4449 Z2.874 I.0472 K0.0
N0230 G01 X7.5689
N0240 G02 X7.6319 Z2.937 I0.0 K.063 F.0276
N0250 M02
%
```

Рисунок 1.15- Керуюча програма токарної операції в G-кодах

1.7.2 Розробка розточної операції

Операція 245 Розточна з ЧПК

Операція виконується на оброблюючому центрі HURON 2X-20.

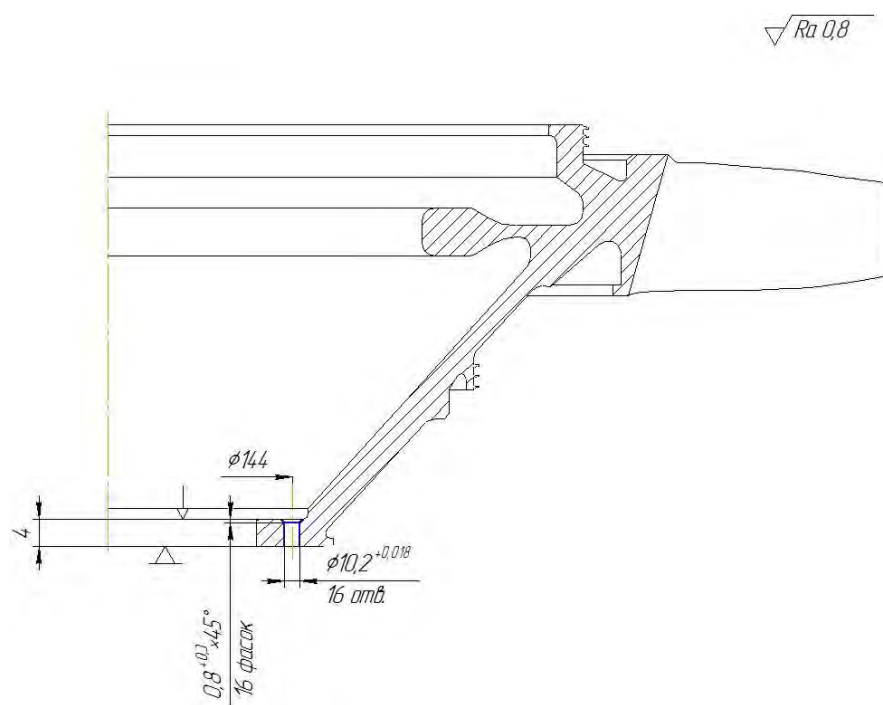


Рисунок 1.16 - Операційний ескіз розточної операції

Перехід 1: Зенкувати 16 фасок 0,8x45° мм.

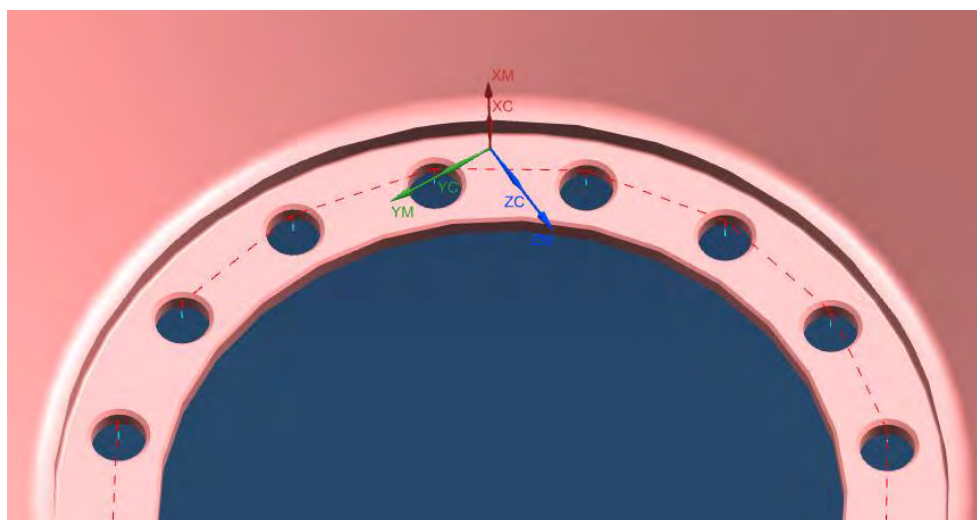


Рисунок 1.17 - Траєкторія розточної операції (перехід 1)

```
-----  
%  
N0010 G94 G90 G20  
N0020 G50 X0.0 Z0.0  
:0030 T00 H00 M06  
N0040 G94 G00 X-4.3898 Z-2.6189  
N0050 G82 X-2.6189 Z-4.5866 R-4.3898 F9.8  
N0060 X-2.8346  
N0070 X-2.6189  
N0080 X-2.0044  
N0090 X-1.0848  
N0100 X0.0  
N0110 X1.0848  
N0120 X2.0044  
N0130 X2.6189  
N0140 X2.8346  
N0150 X2.6189  
N0160 X2.0044  
N0170 X1.0848  
N0180 X0.0  
N0190 X-1.0848  
N0200 X-2.0044 Z-4.6181 R-4.4213  
N0210 G80  
N0220 M02  
%
```

Рисунок 1.18 - Керуюча програма розточної операції (перехід 1)

Перехід 2: Розточити 16 отворів $\varnothing 10,2$ мм.

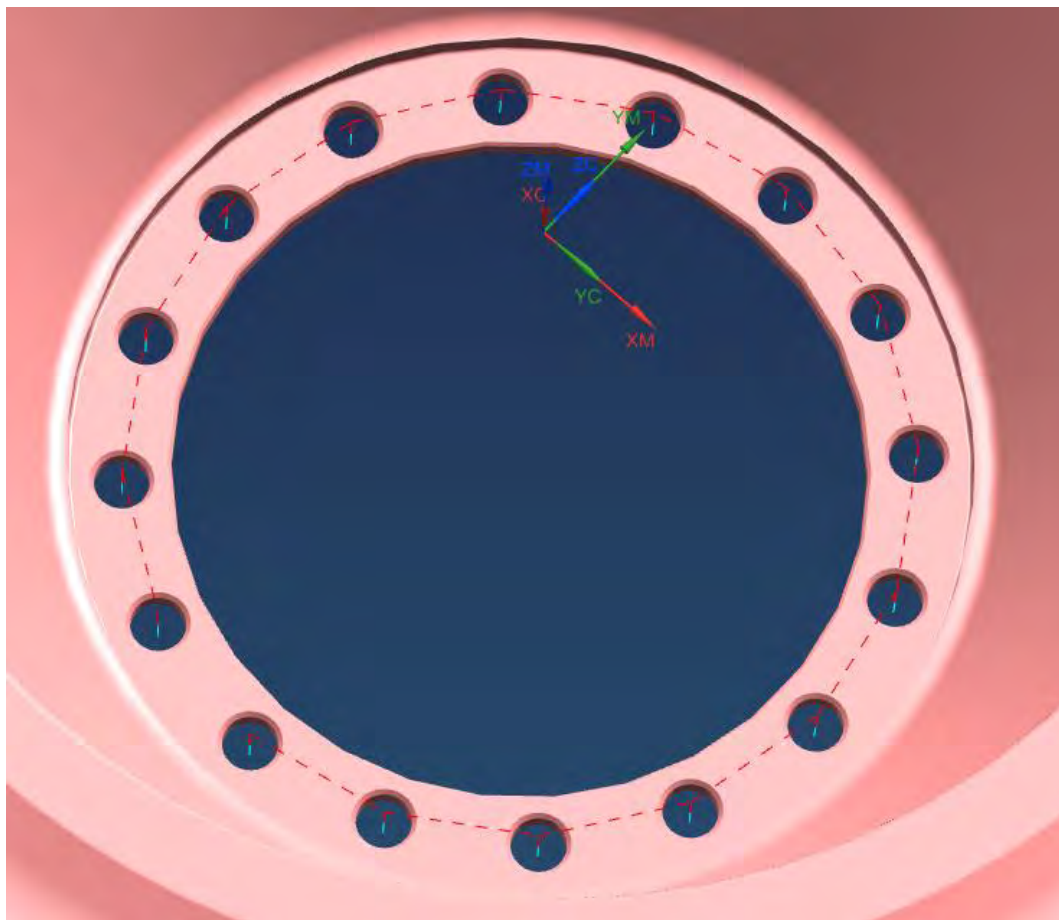


Рисунок 1.19 - Траєкторія розточної операції (перехід 2)

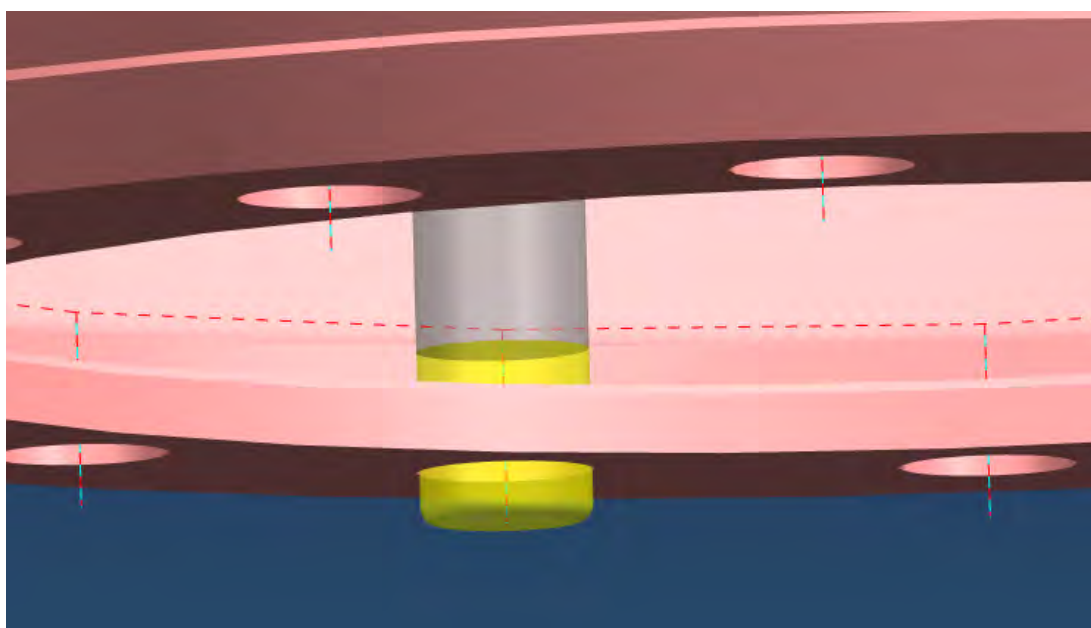


Рисунок 1.20 - Траєкторія розточної операції (перехід 2)

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X-1.0848 Z-4.4213
N0050 G81 X-4.8622 Z-1.0848 R-1.0848 F9.8
N0060 Z-2.0044 R-2.0044
N0070 Z-2.6189 R-2.6189
N0080 Z-2.8346 R-2.8346
N0090 Z-2.6189 R-2.6189
N0100 Z-2.0044 R-2.0044
N0110 Z-1.0848 R-1.0848
N0120 Z0.0 R0.0
N0130 Z1.0848 R1.0848
N0140 Z2.0044 R2.0044
N0150 Z2.6189 R2.6189
N0160 Z2.8346 R2.8346
N0170 Z2.6189 R2.6189
N0180 Z2.0044 R2.0044
N0190 Z1.0848 R1.0848
N0200 Z0.0 R0.0
N0210 G80
N0220 M02
%
```

Рисунок 1.21 - Керуюча програма розточної операції (перехід 2)

1.7.3 Розробка фрезерної операції

Операція 255 Фрезерна з ЧПК

Операція виконується на оброблюючому центрі HURON 2X-20.

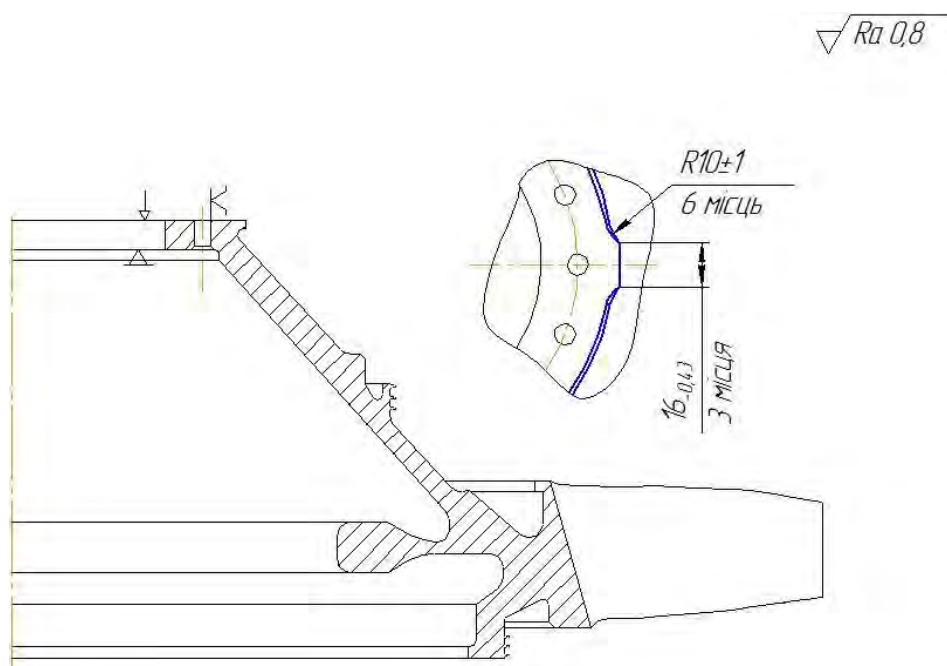


Рисунок 1.22 - Операційний ескіз фрезерної операції

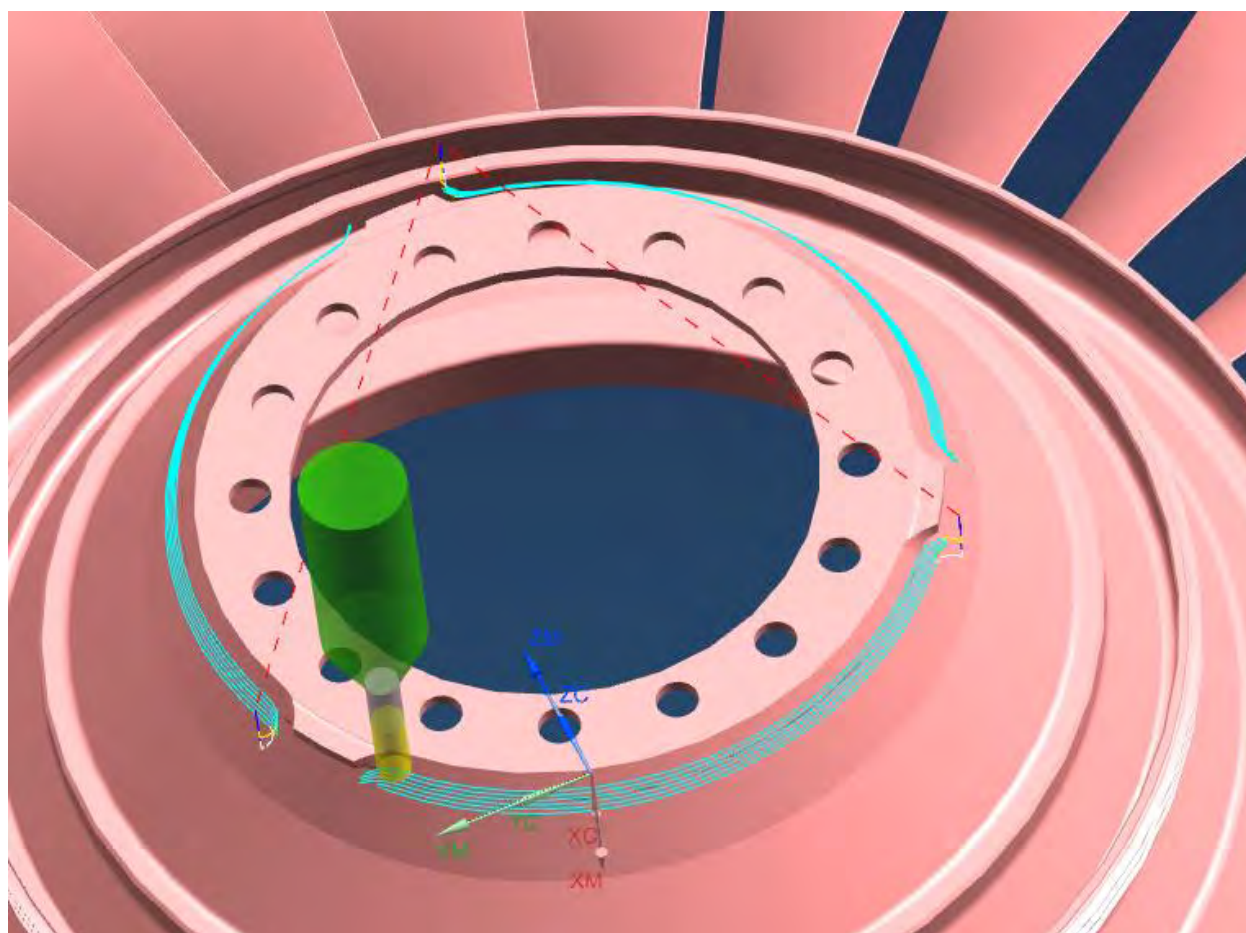


Рисунок 1.23 - Траєкторія фрезерної операції

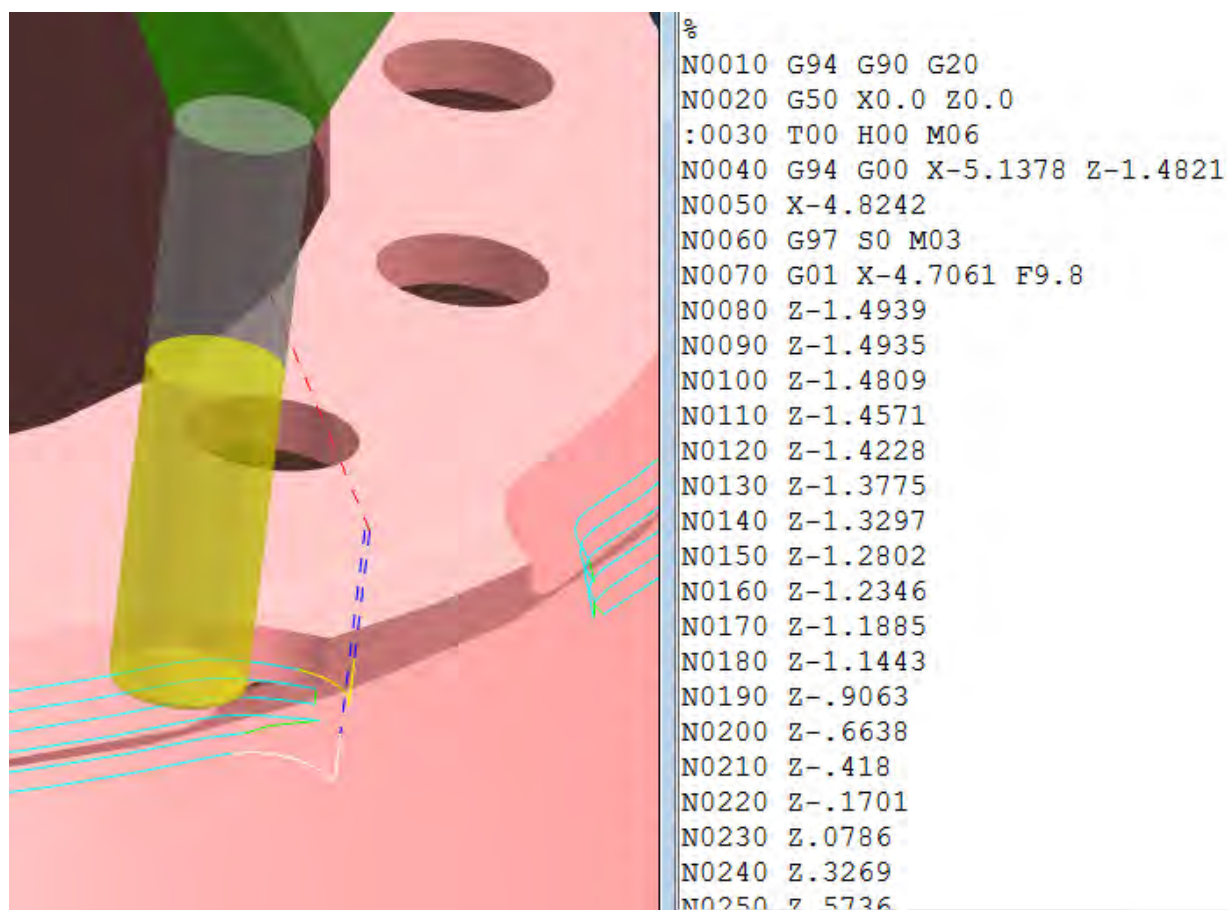


Рисунок 1.24 - Керуюча програма фрезерної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи

Робоче пристосування для операції 255 Фрезерна с ЧПК.

Заготовка встановлюється на два циліндричних пальця $\varnothing 9g6$. Закріплення деталі проводиться за допомогою пристрою з двома горизонтальними затискними планками з гідравлічним приводом двосторонньої дії.

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 неспівпадіння 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.

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 \quad (2.1)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

При базуванні заготовки необхідно позбавити її шести ступенів свободи.

Похибки базування при установці заготовок на два настановних 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 числа декількох можливих варіантів

- відстань між осями отворів має бути найбільшим;
- допуск на міжцентрову відстань повинен бути більш жорстким;
- діаметри базових отворів повинні бути виготовлені по більш високому квалітету точності.

Дані фактори істотно впливають на умову установки 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 та установчими пальцями;

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

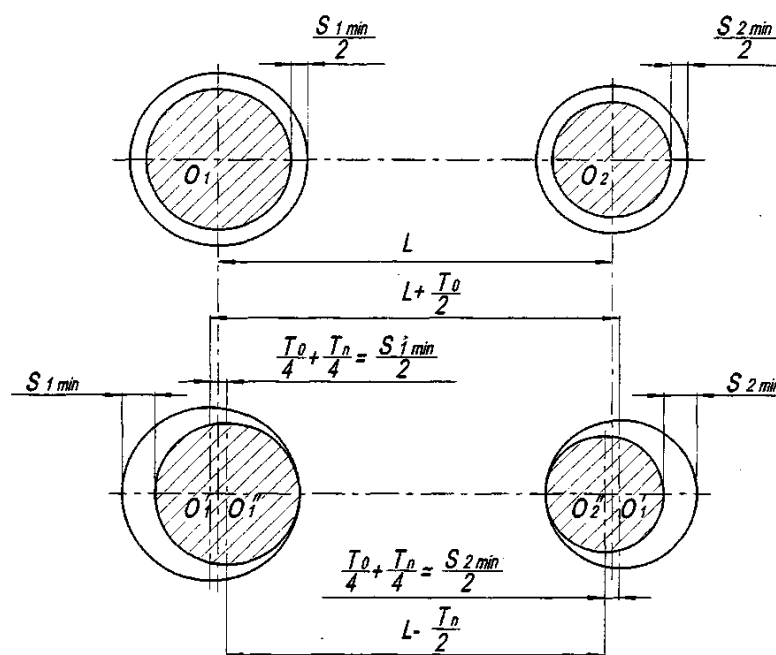


Рисунок 2.1 - Схема установки на два циліндричних пальця і площину [7]

Для забезпечення мінімальних похибок базування за типовими розмірами необхідно прагнути до зменшення зазорів S_{1min} , S_{2min} . Але в даному випадку для виконання умови установки всіх заготовок необхідно, щоб то, T_{Π} 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 $S_{2min} > (T_O + T_{\Pi}) - S_{1min}$, що досягається зменшенням виконавчого розміру одного з пальців [7].

Вихідні дані:

Пальці $\varnothing 9g6 \left(\begin{smallmatrix} -0,005 \\ -0,014 \end{smallmatrix} \right)$

Отвори $\varnothing 9_{-0,01}^{+0,005}$ мм

$T_O = 0,015$ мм- допуск на отвори;

$T_{\Pi} = 0,019$ мм - допуск на пальці;

$$S_{2min} = D_{Omin} - D_{\Pi max} = 9 - 8,995 = 0,005 \text{ мм}$$

$$S_{1min} = 0,015 + 0,019 - 0,005 = 0,029 \text{ мм}$$

$$S_{1max} = 0,039 + 0,015 = 0,054$$

$$S_{2max} = 0,014 + 0,015 = 0,029 \text{ мм}$$

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

$$0,029 + 0,005 \geq 0,015 + 0,019$$

$0,034 \geq 0,034$ —умова базування на два пальці задовольняється.

Похибки базування типових розмірів будуть визначатися наступними виразами:

$$\varepsilon_{61} = S_{2max} = 0,029 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{62} = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2} = \frac{0,054 + 0,029}{2} = 0,0415 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{63} = S_{1max} + T_o = 0,054 + 0,015 = 0,069 \text{ мм}$$

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

Похибка установки:

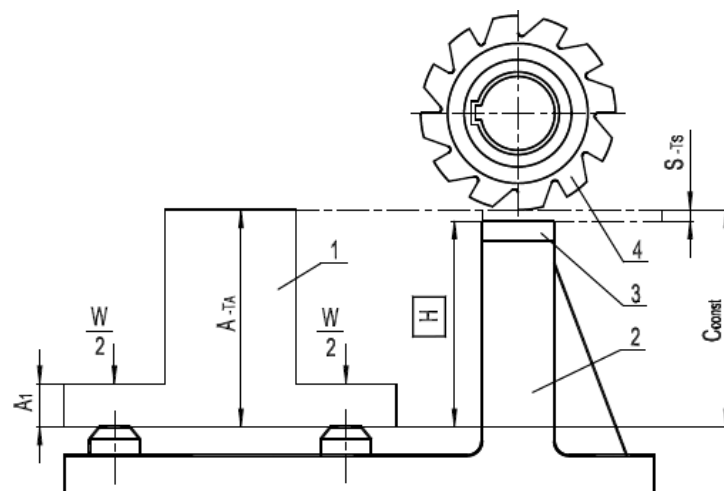
$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0,0415 + 0 = 0,0415 \text{ мм.}$$

2.1.3 Розрахунок на точність

Послідовність розрахунку:

1. Визначаємо середній розмір обробки A_{cp} :

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



1 - деталь; 2 - еталон; 3 - щуп; 4 - фреза

Рисунок 2.2 - Схема установки фрези по установу

2. Визначаємо середній розмір висоти установка:

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

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

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

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

$k_1 = 0,8 \dots 0,85$ - коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування внаслідок того, що установчий елемент в 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;

$k_2 = 0,6 \dots 0,65$ - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки від загальної, що викликана факторами, які не залежать від конструкції пристосування.

ω - середня економічна точність обробки.

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

Призначаємо виконавчий розмір установка з додатковим допуском:

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

Вихідні дані:

Розмір обробки по висоті $A_{-T_A} = 160,5_{-0,19}$ мм;

Розмір від точки прикладення сили закріплення до пальців $A_1 = 49$ мм;

Товщина щупа $S = 3_{-0,004}$ мм.

Заготовка закріплюється за допомогою гідроциліндра.

Середній розмір обробки за формулою (2.3):

$$A_{\text{ср}} = 160,5 - 0,095 = 160,405 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка за формулою (2.4):

$$H_{\text{ср}} = 160,405 - 3 = 157,405 \text{ мм}$$

$$T_{\text{н}} = T_{\text{А}} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega) = 0,19 - (0,82 \cdot 0,0415 + 0 + 0,63 \cdot 0,18) = 0,043$$

$$T_{\text{н}} = \pm \frac{T_{\text{н}}}{2} = \frac{0,043}{2} = 0,022$$

Приймаємо допуску на виготовлення пристосування $\pm 0,022$.

Призначаємо виконавчий розмір установка:

$$[H] = 157,405_{-0,022} = 157,4_{-0,022} \text{ мм.}$$

2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки та вибір привода

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, що враховує недосконалість розрахункової схеми.

$k_0''' = 1,2 - 1,3$ – коефіцієнт, що застосовується для забезпечення більш високого ступеня надійності, 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 через нерівномірність припуску на заготовці і враховується тільки для чорнових переходів.

k_2 – враховується у всіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу ріжучого інструменту.

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 постійності сил затиску. $k_4 = 1,0$ – для всіх механізованих приводів (пневматичних, механічних, гідравлічних); $k_4 = 1,3$ – для ручних затисків.

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

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:

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

де $\sum M_{\text{акт}}$ – сума активних сил і моментів, які прагнуть зрушити або повернути заготовку щодо відповідних осей координат пристосування;

$\sum M_{\text{пр}}$ – сума сил і моментів, що протидіють зсуву і повороту заготовки.

Розрахункова формула для сили затиску:

$$\sum M_{\text{акт}} = M_{\text{різ}}$$

$$\sum M_{\text{пр}} = M_{\text{тр}}$$

Тоді

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

Плече сили тертя для кільцевого перерізу визначається за формулою:

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

Тоді

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

Звідси сила затиску

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

де – k коефіцієнт запасу кріплення;

f – коефіцієнт тертя.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,872 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,15$$

$$k_0 = k'_0 \cdot k''_0 \cdot k'''_0 = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 1,872$$

За формулою (2.12) сила затиску дорівнює:

$$W = \frac{3 \cdot 2,7 \cdot 4,8 \cdot (49^3 - 9^3)}{0,25 \cdot (49^2 - 9^2)} = 7837,67 \text{ Н}$$

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

$f = 0,25$ – коефіцієнт тертя;

$k = 2,7$ – коефіцієнт запасу кріплення.

Для вирішення заданої задачі складемо рівняння рівноваги моментів сил відносно точки О:

$$\sum M_0 = 0$$

$$W \cdot l - 2 \cdot N \cdot 1/3 \cdot H = 0$$

$$N = \frac{3}{2} \cdot W \cdot \frac{l}{H}$$

З іншого боку, сила затиску дорівнює

$$W = Q - F$$

$$Q = W + F,$$

де F - сила тертя, яка відноситься до напрямної частини прихвату;

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

f - коефіцієнт тертя для напрямної частини поверхні прихвату.

Звідси

$$F = 3 \cdot W \cdot \frac{l}{H} \cdot f$$

$$Q = W + 3 \cdot W \cdot \frac{l}{H} \cdot f$$

Підставивши отримані значення до формули (2.14) отримаємо:

$$Q = 7837,67 + 3 \cdot 7837,67 \cdot \frac{600}{300} \cdot 0,25 = 19594,17 \text{ Н}$$

Так як сила на штоці достатньо велика, обираємо гідравлічний привід. Перевагою гідравлічного приводу є можливість отримання великих зусиль при малих його розмірах і безступінчасте регулювання зусиль затиску і швидкостей переміщення.

Необхідний діаметр гідроциліндра

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

де D – діаметр гідроциліндра;

ρ – тиск рідини в гідроциліндрі, $\rho = 15 \text{ МПа}$;

η – к.к.д., що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,9 \dots 0,95$;

d – діаметр штока гідроциліндра.

За формулою (2.15) розраховуємо необхідний діаметр гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 19594,17}{3,14 \cdot 15 \cdot 0,9} + 25^2} = 49,7 \text{ мм}$$

Діаметр гідроциліндра обираємо із стандартизованого ряду за ГОСТ 6540-68 $D = 50$ мм.

2.2 Контрольне пристосування

Контрольне пристосування для перевірки торцевого та радіального биття.

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

Биття торцевих і периферійних робочих поверхонь дисків перевіряють на контрольному пристосуванні з обертовою оправкою (рис. 2.4). Деталь що перевіряється, встановлюється на основу 7, на якому вона центрується оправкою 6. Закріплення здійснюється гвинтом 14 через шайбу 10, що має сферичні поверхні що сполучаються для самовстановлення. Оправка 6 закріплюється гайкою 12 і розташовується у втулці 2, яка знаходиться в корпусі 5 і закріплена гайкою 13. Нижня конічна частина оправки 6 притерта без люфту на втулці 2 при наявності прокладки 9. Це забезпечує обертання оправки на втулці без зазору, що важливо для точності вимірювань при значних діаметрах моноколес. Биття верхнього торця перевіряють вимірювальною головкою, яка гвинтом через втулку закріплюється на стійці основи 7. Для зняття перевіреного моноколеса планку з індикаторною головкою відводять вгору шарнірним важелем 1. Робоче положення планки з індикаторною головкою регулюється гвинтом і гайкою.

Для визначення биття робочих поверхонь диска оправці 6 дається один - два оберти за допомогою штурвала 11. За різницею показань ІГ визначають биття робочих поверхонь диска щодо вісі отвору.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання $[\varepsilon_{\text{вим}}]$ для даного пристосування за вказаним контрольованим параметром - биття з допуском 0,03 мм. На основі [16, табл.3.1, с.129] приймаємо $[\varepsilon_{\text{вим}}]=0,026$ мм. Визначаємо фактичну похибку вимірювань для даного контрольного пристосування, яка повинна бути менше або рівнятися допустимій похибці за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \varepsilon_{\text{иу}} + \varepsilon_{\text{ип}} + \varepsilon_{\text{им}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{ін}}^2}$$

де $\varepsilon_{\text{иу}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і неточності їх розташування на корпусі контрольно-вимірювального пристрою при його складанні;

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

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

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

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

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

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

$\varepsilon_{\text{си}}$ – похибка засобу вимірювання;

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

Визначаємо складові сумарної похибки виміру, які можна виключити з розрахункової формули у зв'язку з особливостями конструкції пристосування і використовуваної схеми вимірювання.

Похибка виготовлення встановлюваних елементів пристосування не впливає на процес виміру, тому складова $\varepsilon_{иу}$ виключається.

Пристосування призначене для контролю биття однієї поверхні відносно іншої, тобто має місце суміщення вимірювальної та конструкторської баз, тому складову $\varepsilon_{нб}$ також можна виключити.

Очевидно, що при контролі не відбудеться зміщення вимірювальної бази деталі від заданого положення під дією вимірювальних сил, так як деталь притискається до настановних поверхонь. Тому складова $\varepsilon_{ис}$ виключається.

У конструкції пристосування не використовуються еталони, отже виключаємо похибку $\varepsilon_{ип}$ та $\varepsilon_{им}$.

Кінцевою приймаємо таку розрахункову формулу:

$$\varepsilon_{вим} = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3п}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{ін}^2}$$

$$\varepsilon_3 = 0,005 \dots 0,010 - [16, \text{табл. 3.8, с. 165}]$$

$$\varepsilon_{3п} = 0,004 \dots 0,006 - [16, \text{табл. 3.6, с. 159}]$$

Засобом виміру в даному пристосуванні індикатор годинникового типу ИЧ1 з ціною поділки 0,005 мм і діапазоном вимірювання 0-1 мм. [16, табл. 3.4, с. 142] похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{си}=0,004$ мм.

Інші похибки визначаємо як частину допуску контролюемого параметру:

$$\varepsilon_{ін} = 0,03 \cdot 0,03 = 0,0009 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{вим} = \sqrt{0,005^2 + 0,006^2 + 0,004^2 + 0,0009^2} = 0,0088 \text{ мм}$$

Перевіряємо умову придатності даного пристосування, порівнюючи отримане значення фактичної похибки вимірювання з найбільшим припустимим значенням.

$$\varepsilon_{вим} \leq [\varepsilon_{вим}]$$
$$0,0088 \leq 0,026$$

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

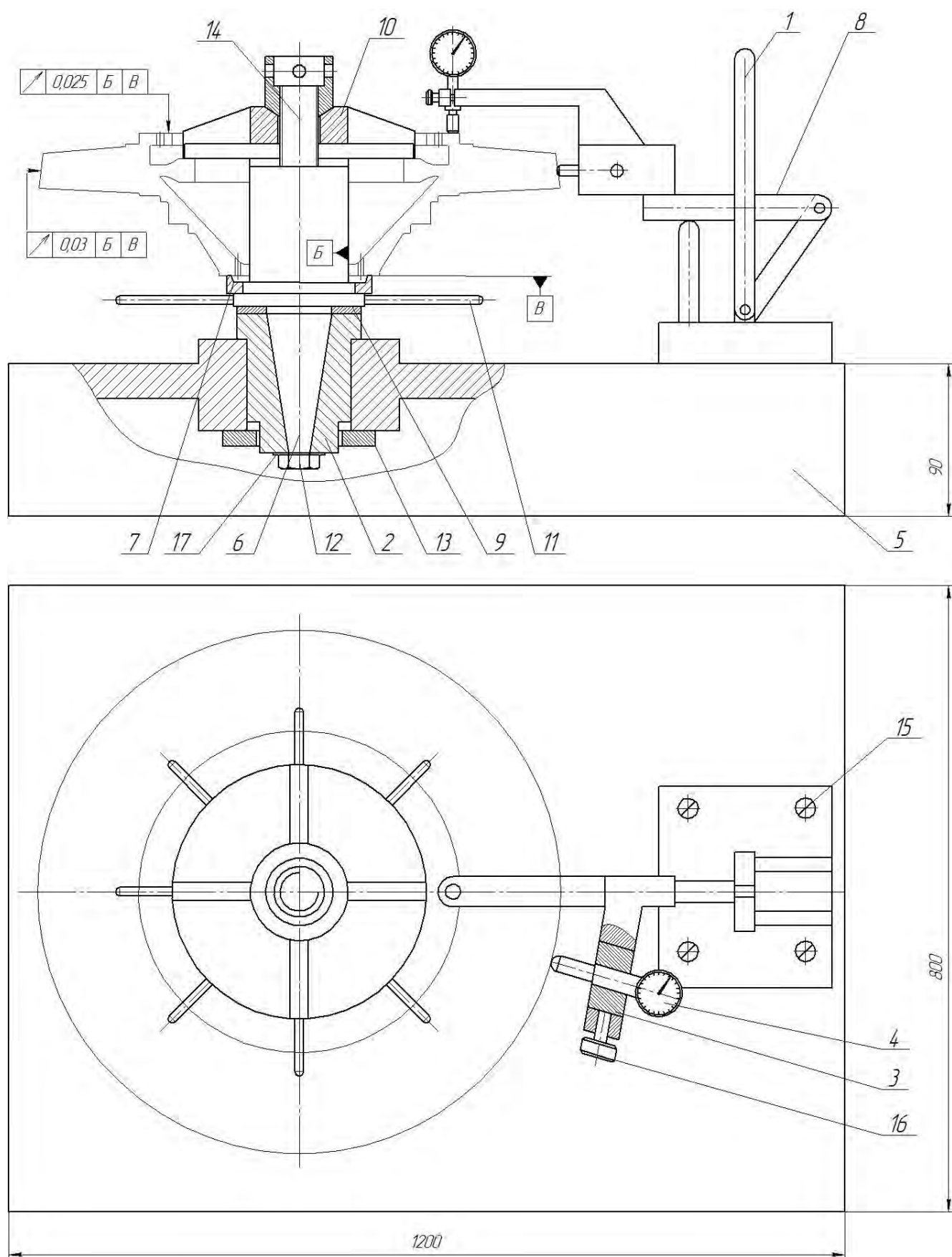


Рисунок 2.3 – Пристосування для контролю радіального та торцевого биття

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ

Автоматизація контролю є одним з найбільш складних питань комплексної автоматизації технологічних процесів. Вона здійснюється за двома принципово різними напрямками: шляхом автоматизації післяопераційного (пасивного) контролю і технологічного (активного) контролю [8].

Другий напрямок – спрямований на активізацію контролю – є найбільш прогресивним і перспективним напрямком, оскільки якість продукції забезпечується самим технологічним процесом.

При пасивному контролі контрольні пристрої фіксують розміри деталей або їх сортують за розмірами, не надаючи впливу на хід технологічного процесу.

Один із способів автоматизувати контроль деталі - використання координатно-виміральної машини (КВМ).

КВМ - автоматичний засіб високоточних вимірювань, що володіє універсальною технікою і здатний надійно і ефективно працювати в цехових умовах в реальному масштабі часу автоматичних ліній і ділянках [8]. Організація контролю із застосуванням КВМ доцільна при обробці різанням складних профільних заготовок. Вони можуть не тільки вимірювати типові поверхні, але і визначати систему координат положення спеціальних поверхонь щодо базових. КВМ дозволяють контролювати параметри корпусних деталей, валів, важелів, втулок та інших виробів, поверхні яких утворюють площині, циліндри, конуси, сфери, лінії перетину різних поверхонь. Результати вимірювань подаються у вигляді віддрукованих протоколів або оперативних повідомлень, що відображають інформацію. Одночасно ці дані можуть накопичуватися в ЕОМ для подальшої статистичної обробки.

Виконавчим органом КВМ є щупові вимірвальні головки (датчики торкання) високої чутливості (механічні, оптичні, електричні точкові, електричні безперервні).

Конструктивно сучасна КВМ - агрегат, до складу якого входить механічна частина, система обмацування, система вимірювання, система електромеханічних приводів переміщення механічних частин машини, система обробки результатів обмірів [9].

Система електромеханічних приводів забезпечує виконання підготовчих операцій контролю і вимірювання.

Система обмацування забезпечує контакт вимірювального органу із заданими точками перевіряється об'єкта.

Процес вимірювання зводиться до визначення величини переміщення по всіх координатах елементів вимірювальної системи.

Узагальнена схема має вигляд:

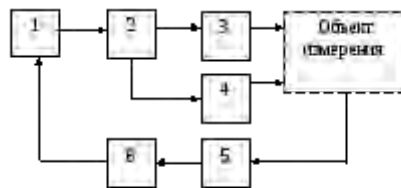


Рисунок 3.1 - Узагальнена схема КВМ:

1- обчислювальний комплекс обробки результатів обмірів; 2- система електромеханічних приводів; 3- рухомі вузли базової частини; 4- поворотний стіл; 5- система обмацування; 6- система вимірювання

Принцип роботи обладнання

Весь процес можна умовно розділити на два етапи. На першому формується координатна модель або схема, в якій розподіляються контрольні точки. Кількість фіксованих площин може бути різним в залежності від типу обладнання. Найпростіші моделі сканують об'єкт в системі, побудованій на осях X, Y, Z щодо базової точки. Більш технологічна 6-осьова координатно-вимірювальна машина будується на принципі паралельної кінематики. Це

означає, що оператор отримує динамічну модель у вигляді усіченої піраміди, в якій присутній 6 вимірювачів на рухомій каретці.

Другий етап передбачає безпосереднє зчитування інформації про геометричні параметри досліджуваного об'єкта. Для цього задіюються щупи або датчики, що сканують цільову деталь. Існують контактні і безконтактні види щупів – відповідно, перші взаємодіють з робочою поверхнею, а другі діють за принципом хвильового випромінювання. Типові координатно-вимірвальні машини в машинобудуванні зазвичай працюють на п'єзоелектричних датчиків, які можуть доповнюватися механіко-електричними контакторами [9]. Це традиційна скануюча оснастка, до недоліків якої відносять високу похибку, обумовлену різницею в силі торкання щупів. І тут варто звернутися до існуючих способів контролю, які регулярно удосконалюються.

Методи контролю

У системах першого покоління застосовувався плазово-шаблонний спосіб рахунку геометричних даних, але сьогодні підприємства переходять на безплазовий. Принципова різниця між цими методами полягає у відмові від фізичних шаблонів і форм, завдяки яким здійснювався контроль. У нових модулях КІМ використовується електронна модель, яка надає на виході тривимірну картину "на базі математичних розрахунків" [8].

Чим вигідна така координатно-вимірвальна машина? Перш за все, уніфікацією комплексу даних, які можна використовувати і для інших розрахунків. Зібрана інформація заноситься в базу даних і автоматично переправляється на інші ділянки контролю, що займаються дослідженням суміжних частин. У підсумку оптимізується і виробничий процес, і техніка високоточної підгонки деталей між собою. При цьому і в сегменті безплазових методів є свої технологічні відгалуження. Слід розрізняти голографічні, оптичні та фотограмметричні способи контролю. Найперспективнішим вважається лазерний спосіб сканування об'єкта. Впровадження КВМ у виробничий процес давно стало показником сучасного підходу до діяльності підприємства. Відмова

від застарілих підходів до контролю елементів і оснащення із задіянням шаблонів підвищує і якість збірки, і технологічну ефективність робочої ділянки [9]. В той же час і нове покоління вимірювальних приладів для контролю геометричних параметрів регулярно поліпшується в різних аспектах. Так, передовим напрямком розвитку можна назвати безконтактні лазерні сканери, що відрізняються зручністю використання і високою точністю аналізу. Єдиним недоліком прогресивних систем цього типу є висока вартість і обслуговування. На даному етапі лазерні моделі координатно-вимірювальних установок доступні тільки великим виробничим комплексам, а також дослідницьким центрам.

4 ГІДРОАБРАЗИВНЕ РІЗАННЯ МОНОКОЛЕС ГТД

Гідроабразивне різання — вид обробки матеріалів різанням, де в якості ріжучого інструменту замість різця використовується струмінь води або суміші води і абразивного матеріалу, що випускається з високою швидкістю і під високим тиском.

В основі технології гідроабразивного різання лежить принцип ерозійного впливу суміші високошвидкісний водяного струменя і твердих абразивних частинок на оброблюваний матеріал.

Фізична суть механізму гідроабразивного різання складається у відриві і відносі з порожнини різку частинок матеріалу швидкісним потоком твердофазних частинок. Стійкість закінчення та ефективність впливу двофазного струменя (вода і абразив) забезпечуються оптимальним вибором цілого ряду параметрів різання, включаючи тиск і витрату води, а також витрати і розміру частинок абразивного матеріалу.

Переваги гідроабразивного різання:

- відсутність термічного впливу на матеріал (температура в зоні різку 60-90°C);
- істотно менші втрати матеріалу;
- широкий спектр матеріалів, що розрізаються і товщини (до 150-300 мм і більше);
- висока ефективність різання листових матеріалів товщиною більше 8 мм;
- відсутність вигорання легуючих елементів в легованих сталях і сплавах;
- відсутність оплавлення і пригорання матеріалу на кромках оброблених деталей і в прилеглій зоні;
- можливість різку тонколистових матеріалів в пакет з декількох шарів для підвищення продуктивності, в тому числі за рахунок зменшення холостих ходів ріжучої головки;
- повна пожежо - і вибухобезпека процесу;

- екологічна чистота і повна відсутність шкідливих газовиділень;
- висока якість різу (шорсткість кромки Ra 1,6).

Недоліки даної технології:

- недостатньо висока швидкість різання тонколистової сталі;
- обмежений ресурс окремих комплектуючих і ріжучої головки;
- висока вартість абразиву (витратний матеріал);
- корозія металу.

Світові виробники авіадвигунів особливу увагу приділяють зниженню собівартості продукції, мінімізації невиробничих витрат, впровадженню сучасних інноваційних технологій [10]. Застосування у виробництві перших установок з ЧПК гідроабразивного різання викликало технологічний стрибок і забезпечило небувалу до цього продуктивність при різанні різних матеріалів і сплавів.

У числі сучасних технологій є технологія 5-ти координатного гідроабразивного різання на чорнових операціях обробки осьових моноколес ГТД. Процес гідроабразивного різання не є принципово новим. Однак в умовах виробництва малих серій, окремих деталей, або для виробництва у стислі строки з мінімальними витратами на оснащення інструментом, пропонується до розгляду метод набуває особливої актуальності [12].

Метод гідроабразивного різання за допомогою високонапірного струменя води з дуже дрібним абразивним матеріалом дозволив отримати результати обробки раніше недосяжні іншими відомими методами. Оскільки в процесі обробки не виділяється тепло, даний метод підходить для обробки чутливих до нагрівання сплавів, водночас, виключають будь-які структурні та фазові зміни матеріалу. Невелике механічне навантаження при гідроабразивному різанні дозволяє виключити появу залишкових внутрішніх напружень у матеріалі, що позитивно позначається на подальшій напівчистовій і чистовій обробці лопаток моноколес.

Стосовно до обробки моноколес, продуктивність гідроабразивного різання дозволила скоротити трудомісткість попередніх чорнових операцій на обробних

центрах з ЧПК, де раніше матеріал міжлопаткового простору віддалявся методом пошарового фрезерування. Завдання полягало в комплексному технологічному рішенні проблеми попередньої обробки моноколес, шляхом заміни раніше застосовуваного способу обробки на більш потужний і безпечний метод гідроабразивного різання на 5-ти координатному обладнанні з ЧПК з метою отримання максимальної продуктивності і з мінімальними витратами [12].

Технологічний процес формоутворення профілю пера лопатки починається з чорнової обробки міжлопаткового простору. Раніше застосовувалася технологія фрезерування на 3-х координатному верстаті з ЧПК. Заготовка моноколеса являла собою попередньо оброблений на токарному верстаті диск. Фрезерування здійснювалося кінцевими фрезами з швидкорізальної сталі і твердого сплаву різного діаметру послідовно з двох сторін за дві операції.

Істотним недоліком даної технології була дуже висока трудомісткість і наявність на деталях тіньових і недооброблених зон, наявність фрезерної універсальної операції. Це обумовлювало необхідність вводити на операціях з ЧПУ додаткові технологічні переходи для вирівнювання припуску, що ще більше збільшувало загальну трудомісткість обробки.

Наступний етап в удосконаленні технології обробки моноколес полягав у застосуванні модернізованих 5-ти координатних оброблювальних центрів з ЧПК на базі верстата IC-800 [11], обладнаних силовими поворотними столами і системою ЧПК Sinumerik-840D. Застосування модернізованих верстатів з поворотними столами дозволило впровадити нову технологію, що забезпечує оптимальну схему видалення матеріалу міжлопаткового простору за рахунок можливості повороту деталі на верстаті з керуючою програмою. Процес обробки став набагато продуктивніше, в тому числі, і за рахунок застосування на верстатах високошвидкісних шпинделів. Позитивною стала та обставина, що при даній схемі обробки були усунені тіньові зони. Завдяки цьому забезпечувався рівномірний припуск по поверхні. Обсяг знімаемого міжлопаткового матеріалу при цьому способі значно збільшився. Це позитивним чином позначилося на

зниженні трудомісткості подальшої напівчистої і чистої обробки моноколес на 5-ти координатному обладнанні з ЧПК.

Умови виробництва вимагали нових рішень, спрямованих на подальше скорочення трудомісткості обробки моноколес. І в першу чергу - за рахунок скорочення трудомісткості попередніх операцій обробки міжлопаткового простору, що є найбільш трудомістким етапом обробки. В якості альтернативного методу існуючої технології був запропонований метод гідроабразивного різання на гідроабразивному верстаті.



Рисунок 4.1 - Процес обробки на верстаті AQUARESE [12]

Маючи в розпорядженні вхідні параметри – фракція абразиву, діаметр сопла, тиск і витрату води, за допомогою програмного забезпечення і спираючись на отримані дослідні результати, можна знайти оптимальний варіант для

вирішення поставленого завдання. Продуктивність обробки була підвищена в кілька разів, що було головною метою проведення дослідних та експериментальних робіт що передують впровадженню у виробництво прогресивного методу. [12]

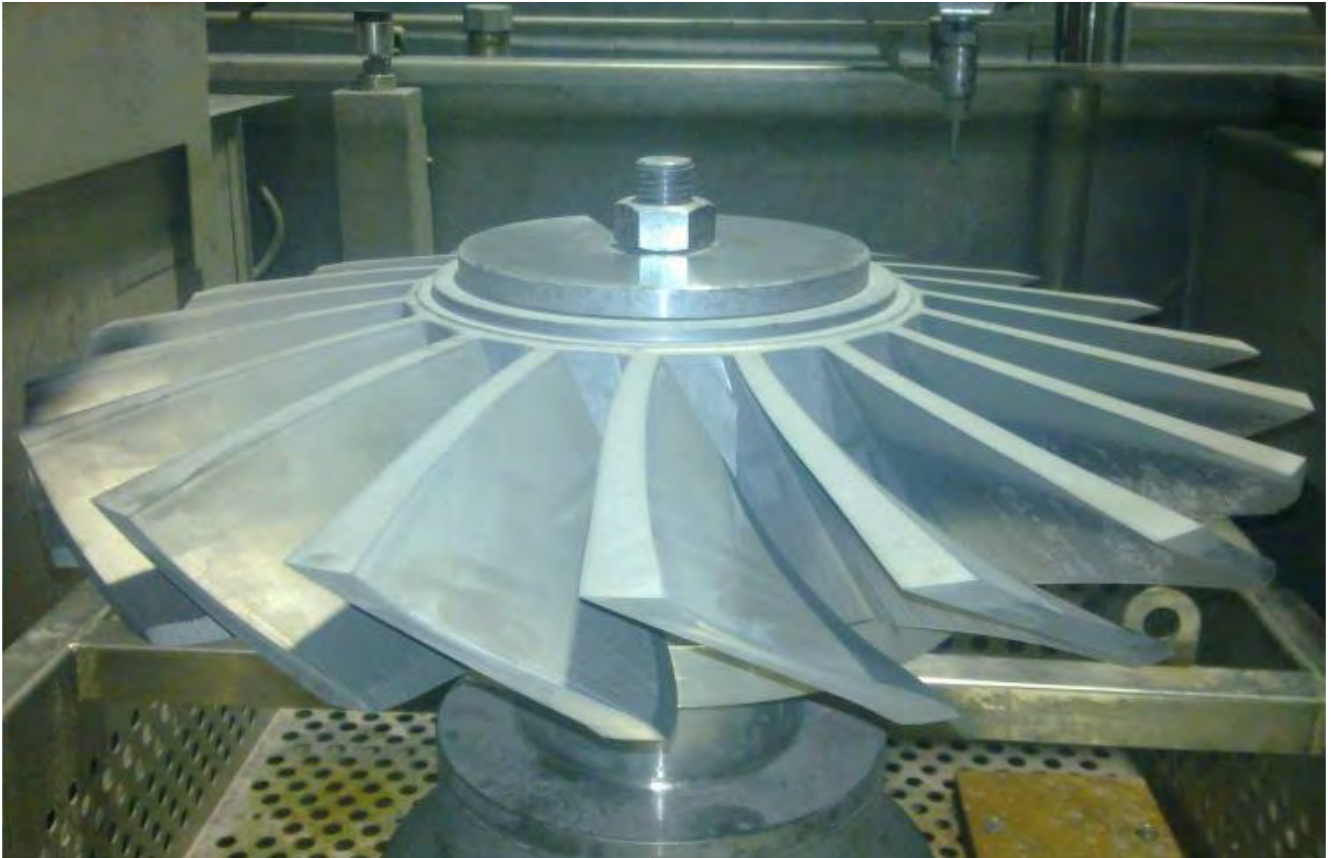


Рисунок 4.2 - Результат чорнової обробки на верстаті AQUARESE [12]

У порівнянні з раніше застосовуваними, даний метод мав і економічну перевагу, що виражається у вивільненні 5-ти координатних фрезерних оброблювальних центрів з ЧПК від необхідності чорнової обробки і застосування замість них спеціалізованого верстата [12]. Звільнений верстатний час фрезерних центрів можна ефективно використовувати для обробки інших деталей.

Отже використання сучасних технологій у виробництві та новітнього обладнання з ЧПК дозволяє удосконалити технології виробництва та знизити трудомісткість обробки.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

Вихідні дані:

Деталь - колесо вентилятора 2 ступеня;

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

Коефіцієнт Пуассона - $\mu = 0,3$;

Границя міцності - $\sigma_b = 1000$ МПа;

Статичний аналіз проводимо в Siemens NX.

Розбиваємо модель на сітку кінцевих елементів Solid186 з середнім розміром елемента 10 мм.

Закріплюємо по діаметру 126 мм, прикладаємо навантаження 5 МПа (рис. 4.1). Отримуємо картину розподілу напружень на рис. 4.2.

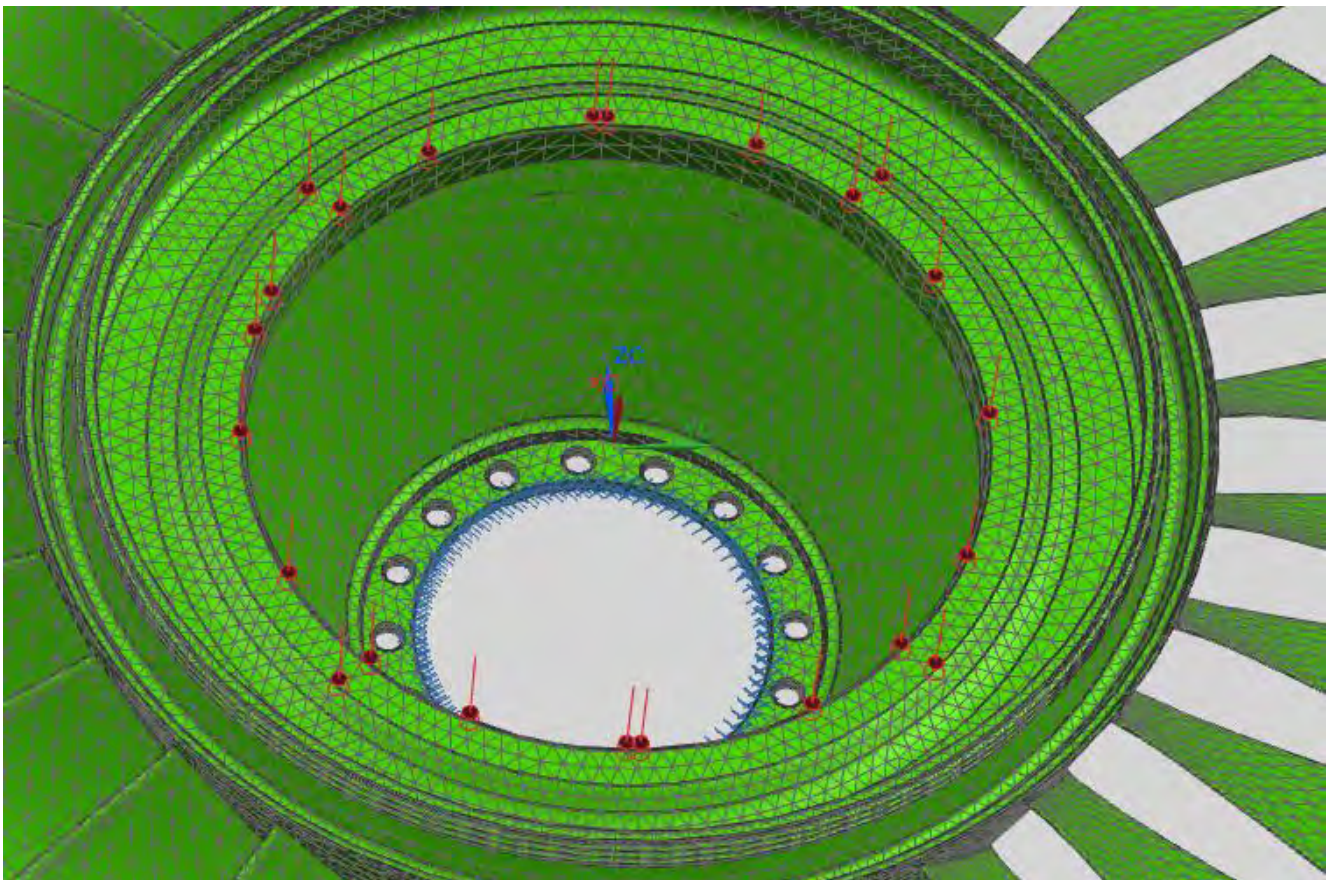


Рисунок 5.1 – Модель розбита на сітку кінцевих елементів з прикладеним навантаженням

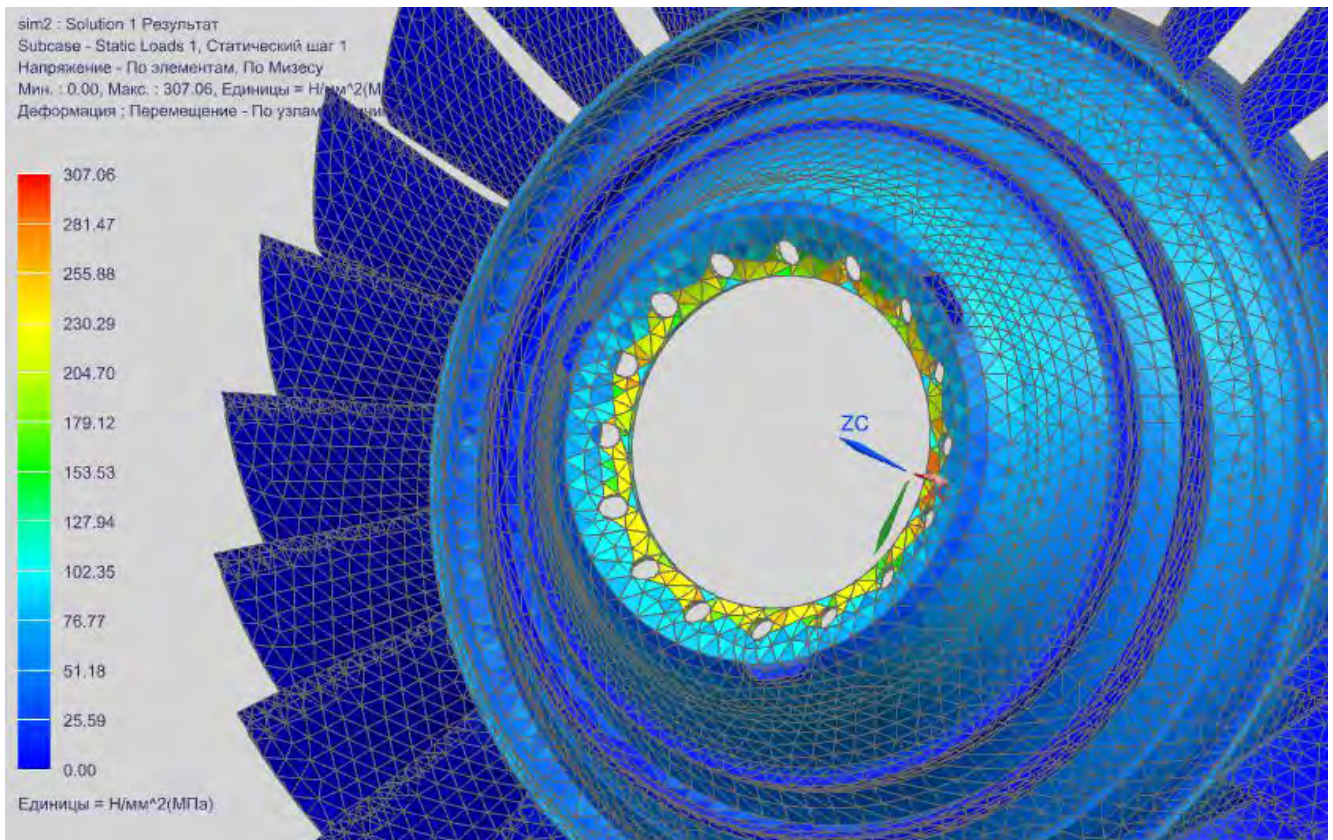


Рисунок 5.2 - Розподіл напружень моделі (навантаження 5МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 307,06$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

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

$$n_{\sigma} = \frac{1000}{307,06} = 3,26$$

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

Так як отримане значення запасу міцності $n_\sigma = 3,26$ більше допустимого, деталь не зруйнується и можна додати навантаження. Прикладаємо навантаження 10МПа (рис. 4.3).

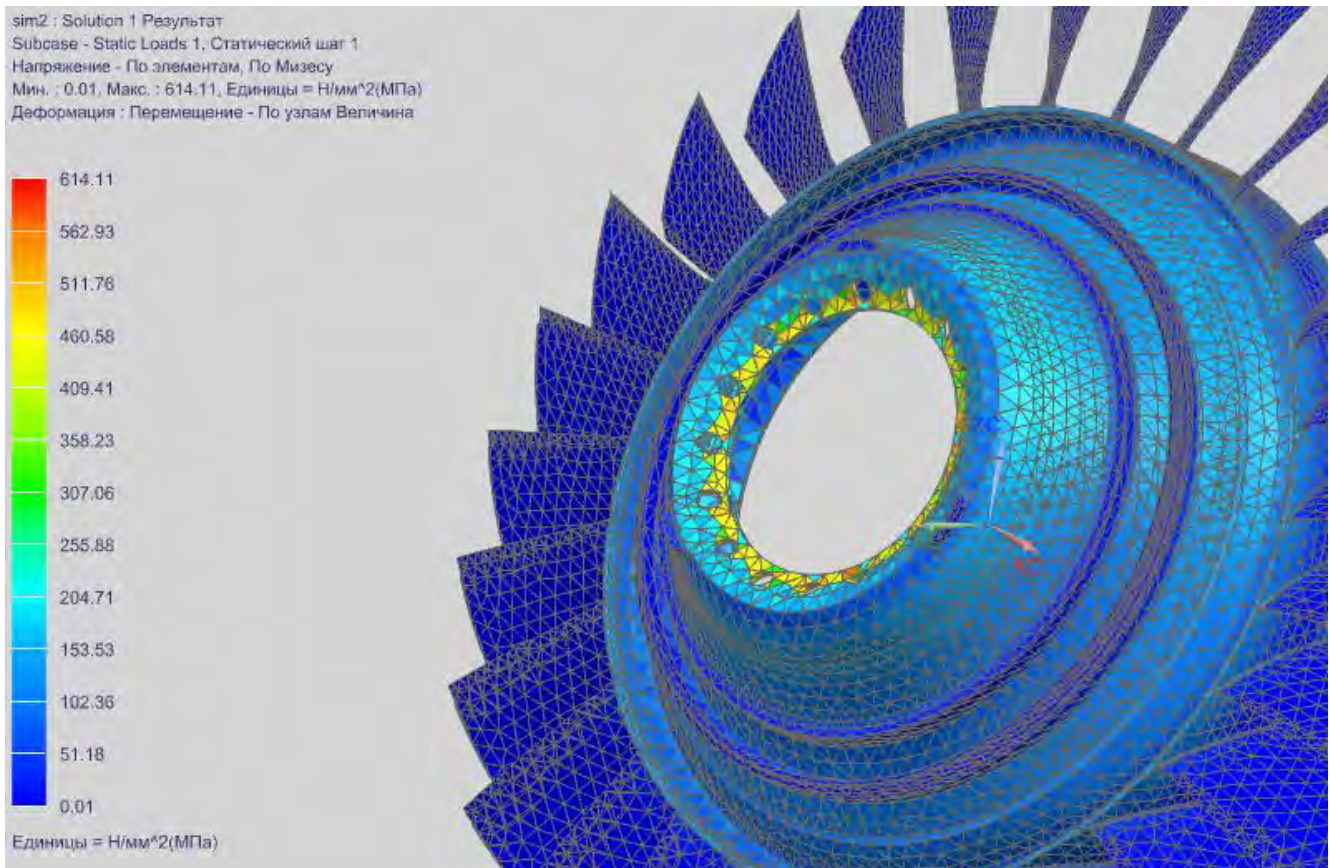


Рисунок 5.3 - Розподіл напружень моделі (напруження 10 МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 614,11$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n_\sigma = \frac{1000}{614,11} = 1,62$$

Отримане значення запасу міцності $n_\sigma = 1,62$ лежить в межах допустимого.

Бачимо, що більші напруження виникають в місцях концентраторів напруження: отворів, радіусів заокруглення та фасок.

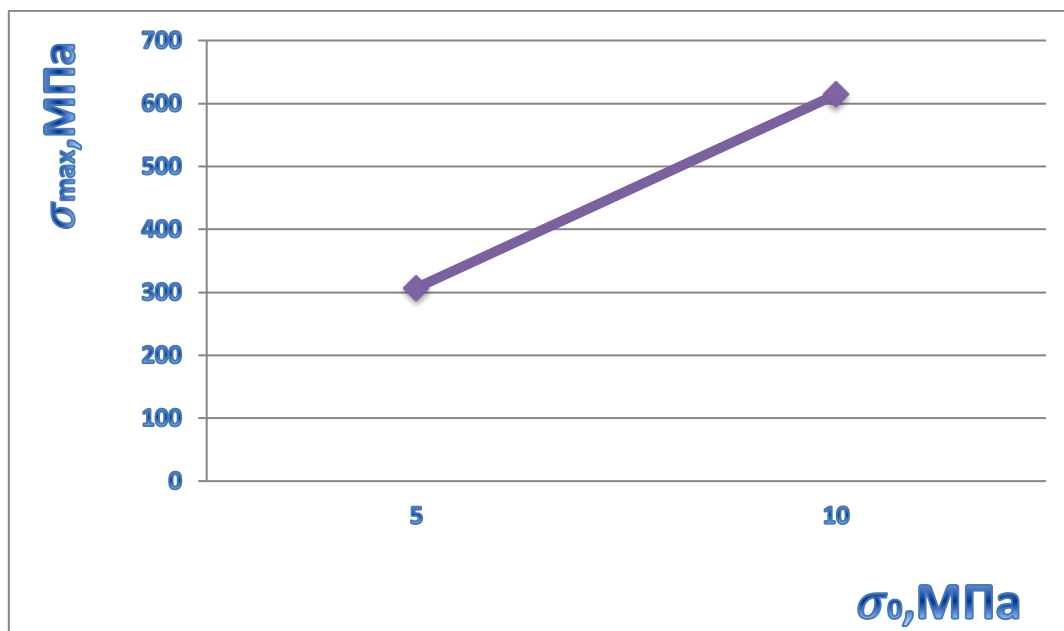


Рисунок 5.4 - Графік залежності напруження від прикладеного зусилля

Для збільшення запасу міцності можна збільшити товщину стінки, до якої прикладається навантаження, або діаметр отворів. Змінивши товщину стінки максимальні напруження виникають в місцях радіусів заокруглення, для зменшення напруження в цих місцях можна збільшити значення радіусів.

6 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОГО РІЗАННЯ В ПОРІВНЯННІ З ФРЕЗЕРНОЮ ОБРОБКОЮ

Як і говорилося раніше, необхідне скорочення трудомісткості обробки моноколес в порівнянні з фрезерною обробкою. І в першу чергу - за рахунок скорочення трудомісткості попередніх операцій обробки міжлопаткового простору, що є найбільш трудомістким етапом обробки. В якості альтернативного методу існуючої технології був запропонований метод гідроабразивного різання на гідроабразивному верстаті.

Для визначення економічної доцільності використання гідроабразивного різання замість фрезерної операції, розрахуємо вартість однієї машино-години для обох видів обробки та порівняємо отримані значення.

Вартість однієї машино-години визначається за формулою:

$$C_{\text{м.ч.}} = \frac{C_p}{\Phi_{\text{еф}}} \cdot K_3$$

де C_p - річні витрати, що забезпечують функціонування комплексу, грн/рік;
 $\Phi_{\text{еф}}$ - річний ефективний фонд часу роботи обладнання в рік, год;
 K_3 — коефіцієнт загрузки (0,9 — 0,95).

Річні витрати, що забезпечують функціонування обчислювального комплексу, визначаються за формулою:

$$C_p = C_{\text{рем}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{м}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{пр}}$$

де $C_{\text{рем}}$ - витрати часу на поточний і профілактичний ремонт технічних програмних засобів (приймаємо рівним 2.5-5% від вартості комплексу), грн;
 $C_{\text{ам}}$ - сума річних амортизаційних відрахувань комплексу технічних засобів, грн;
 $C_{\text{м}}$ - витрати на витратні матеріали, становлять 1% від вартості комплексу технічних засобів, грн;

$C_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії, споживаної технічним комплексом, грн;

$C_{\text{пр}}$ – інші витрати, враховуються в разі оренди машинного часу, витрати на Інтернет та ін., грн.

Вартість електроенергії, споживаної технічним комплексом, розраховується за формулою:

$$C_{\text{ел}} = C_e \cdot M_v \cdot T_{\text{маш}}$$

де C_e – вартість 1кВт/ч електроенергії;

M_v – потужність верстата;

$T_{\text{маш}}$ – витрати машинного часу, год.

Сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$C_{\text{ам}} = \frac{C_v \cdot H_a}{100}$$

де C_v – вартість верстата, грн;

H_a – норма амортизації, %

Вихідні дані:

Для фрезерної операції:

$T_{\text{маш ф}} = 130$ год – машинний час фрезерної операції;

$M_{v ф} = 30$ кВт – потужність фрезерного верстата;

$C_{v ф} = 500000$ грн – вартість фрезерного верстата;

Для операції гідроабразивної різки:

$T_{\text{маш Г}} = 23$ год – машинний час гідроабразивної різки;

$M_{v Г} = 60$ кВт – потужність гідроабразивного комплексу;

$C_v = 1500000$ грн – вартість гідроабразивного комплексу;

$C_e = 2,11$ грн/кВт · час- вартість електроенергії;

$\Phi_{\text{еф}} = 4002 \text{ год}$ — річний ефективний фонд часу роботи обладнання.

Ведемо розрахунок спочатку для обробки на фрезерному верстаті.

Визначаємо вартість електроенергії, споживаної фрезерним верстатом за формулою 6.3:

$$C_{\text{ел}} = 2,11 \cdot 30 \cdot 130 = 8229 \text{ грн}$$

Сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою 6.4:

$$C_{\text{ам}} = \frac{500000 \cdot 20}{100} = 100000 \text{ грн}$$

Річні витрати за формулою 6.2:

$$C_p = 15000 + 100000 + 5000 + 8229 = 128229 \text{ грн}$$

де $C_{\text{рем}} = 0,03 \cdot 500000 = 15000 \text{ грн}$ — витрати на ремонт;

$C_m = 0,01 \cdot 500000 = 5000 \text{ грн}$ — витрати на витратні матеріали.

Отже, вартість однієї машино-години на фрезерному верстаті становить:

$$C_{\text{м.ч.}} = \frac{128229}{4002} \cdot 0,9 = 28,84 \text{ грн/год}$$

Вартість фрезерної операції тоді становить:

$$B_{\text{фр}} = C_{\text{м.ч.}} \cdot T_{\text{маш}} = 28,84 \cdot 130 = 3749,2 \text{ грн}$$

Проведемо розрахунок для операції гідроабразивного різання:

Вартість електроенергії за формулою 6.3:

$$C_{\text{ел}} = 2,11 \cdot 60 \cdot 23 = 2911,8 \text{ грн}$$

Сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою 6.4:

$$C_{\text{ам}} = \frac{1500000 \cdot 20}{100} = 300000 \text{ грн}$$

Річні витрати за формулою 6.2:

$$C_p = 45000 + 300000 + 15000 + 2911,8 = 362911,8 \text{ грн}$$

де $C_{\text{рем}} = 0,03 \cdot 1500000 = 45000 \text{ грн}$ – витрати на ремонт;

$C_m = 0,01 \cdot 1500000 = 15000 \text{ грн}$ – витрати на витратні матеріали.

Отже, вартість однієї машино-години на гідроабразивному комплексі становить:

$$C_{\text{м.ч.}} = \frac{362911,8}{4002} \cdot 0,9 = 81,61 \text{ грн/год}$$

Вартість фрезерної операції тоді становить:

$$B_{\Gamma} = C_{\text{м.ч.}} \cdot T_{\text{маш}} = 81,61 \cdot 23 = 1877,03 \text{ грн}$$

Економічний ефект від використання гідроабразивного комплексу замість фрезерного верстата:

$$E = B_{\text{фр}} - B_{\Gamma} = 3749,2 - 1877,03 = 1872,17 \text{ грн}$$

Враховуючи річну програму випуску, економічний ефект становить 9360850 грн.

За результатами економічного розрахунку можна зробити висновок, що економічно доцільніше чорнову обробку проводити на гідроабразивному комплексі, ніж на фрезерному верстаті, так як фрезерна обробка майже в 2 рази дорожча за гідроабразивну за рахунок тривалості операцій.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу формування профілю пера лопатки та інших деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. ураження електричним струмом, у наслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

2. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захащення заготовками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорсткістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

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

5. Неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

6. Нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру.

7. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

8. невідповідність стану здоров'я працюючих типу виконуваної роботи може привести до загострення загальних захворювань;

Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

9. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

10. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

11. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

12. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

13. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

7.2 Заходи з забезпечення безпеки

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та

мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ ENISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Знімні, відкидні або розсувні огородження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огородженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу(ДСТУ ENISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями».

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»).

Заборонні знаки мають форму кола, по периметру якого є широка червона смуга, а біле поле з нанесеним чорною фарбою відповідним символом перекреслюється червоною смугою такої самої ширини. Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, відкриті рухомі частини обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для заборонювальних і вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут».

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

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

Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

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

Обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконуються відповідно вимога ПУЕ і ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на дільниці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих

інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобі та вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії ІІа – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

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

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки на механічній ділянці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

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

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 дільниця оснащена переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

7.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації техногенного характеру: аварії та катастрофи.

Зростання масштабів господарської діяльності і чисельності великих промислових комплексів, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях — усе це збільшує імовірність виникнення техногенних аварій. Найбільша кількість надзвичайних ситуацій, особливо із загибеллю людей в Україні, припадає на транспорт. Тільки в 1997 р. сталося 37,94 тис. дорожньо-транспортних аварій, у яких загинуло 6240 чоловік, травмовано 31,70 тис. чоловік.

У даний час в Україні функціонують чотири АЕС (Південноукраїнська, Запорізька, Рівненська і Хмельницька). На території України розташовано 6000 різних установ і організацій, діяльність яких може призвести до утворення радіоактивних відходів.

Основними виробниками радіоактивних відходів і місцями їх концентрації є: АЕС (накопичено 70 000 м³ радіоактивних відходів); уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн. тонн радіоактивних відходів); українське державне об'єднання «Радон» (накопичено 5000 м³/р); зона вітчуження Чорнобильської АЕС понад 1.1млрд м³ радіоактивних відходів.

На території України функціонує 1610 об'єктів господарювання, на яких зберігається чи використовується у виробничих процесах понад 283 тис. СДОР, у тому числі 9,8 тис. тонн хлору, 178,4 тис. тонн аміаку. З них — І ступеня хімічної небезпеки — 76 об'єктів; II — 60 і III — 1134 об'єкти.

Усього в зонах можливого хімічного зараження від цих об'єктів проживає понад 20 млн. чоловік (38,5 % населення країни).

320 адміністративно-територіальних одиниць (АТО) мають ступінь хімічної небезпеки, з них I ступеня — 154 АТО, II ступеня — 47 АТО, III ступеня — 108 АТО.

Довжина магістральних газопроводів на території України становить 3,9 тис. км. Їх роботу забезпечують 31 компресорна станція перекачування нафти і 69 газових перекачувальних станцій.

Довжина продуктопроводів становить 3,3 тис. км, і весь перерахований вище технічний комплекс уже вичерпав свій ресурс, що робить цей комплекс об'єктом підвищеної небезпеки.

Досить критичне становище в країні склалося в комунальному господарстві. Четверта частина водопровідних очисних споруд і систем фактично відпрацювали свій термін експлуатації, 22 % систем перебувають в аварійному стані. Закінчився термін експлуатації кожної п'ятої насосної станції. Планово-попереджувальний ремонт виконується на 73 %. У системах каналізації відпрацювали термін експлуатації 26 % систем і 17 % насосних станцій.

Нині у водойми скидається без попереднього очищення близько 250 м³/доба стічних вод. Особливості географічного положення України, атмосферні процеси, наявність гірських масивів, близькість теплих морів обумовлюють різновид кліматичних умов.

У результаті взаємодії всіх цих факторів виникають небезпечні стихійні явища. В окремих випадках вони носять катастрофічний характер для навколишнього середовища і населення.

Сейсмоактивні зони оточують Україну на південному-заході і півдні. У сейсмологічному відношенні найбільш небезпечними областями в Україні є Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Одеська та АРК.

На значній території України (Карпати, Крим) річки мають виражений паводковий режим стоків. Вони формуються в будь-який сезон року і часто мають катастрофічні наслідки, ведуть до масових руйнувань і до загибелі людей.

Характерними для України є також селеві процеси (в містах і районах Карпат і Криму), посухи, циклони, пилові бурі.

Нині в Україні, у зв'язку зі зростанням числа аварій і катастроф, стихійних лих, обстановка характеризується як дуже складна. Про це свідчать статистичні дані по Україні за останні роки.

Висновки

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

Розглянувши та проаналізувавши потенційні небезпеки, що можуть виникнути на механічній дільниці в процесі обробки різноманітних деталей, найголовнішим є проведення навчання та інструктажів з охорони праці, додержання ергономічних та санітарно-гігієнічних вимог, пожежної безпеки та електробезпеки.

Безпека праці на виробництві може бути на належному рівні тільки тоді, коли всебічно виконуються вимоги трудового законодавства, державних стандартів України, норм і правил, розроблених для збереження здоров'я працюючих та їх соціального захисту. Важливе місце при цьому належить виконанню організаційних вимог з охорони праці, а також трудовій та виробничій дисципліні працюючих.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи спроектований технологічний процес виготовлення деталі "Колесо вентилятора 2 ступені". Були розроблені технологічні операції в програмі Siemens NX. Спроектоване робоче та контрольне пристосування.

Для зменшення часу на контрольні операції запропоновано використання координатно-вимірювальної машини, що значно прискорить час операції та мінімізує участь людини в процесі контролю.

Запропоновано заміну фрезерної обробки міжлопаткового простору колеса на гідроабразивне різання. Враховуючи переваги останнього методу, підраховали економічну ефективність обох видів обробки. За даними розрахунку остаточно зупинились на методі обробки гідроабразивним різанням.

Розроблені та запропоновані заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов при проведенні робіт.

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 режимырезанияметаллов / В.И. Баранчиков - М.:Машиностроение, 1990.-400с.
4. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т2 / Под ред. Е.И. Стружестраха. - М.: Машгиз, 1961. - 891 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
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. Бражкин, Б.С. Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения / Б.С. Бражкин, Н.И. Исаев, А.А. Кудинов - М., 2012. - 207 с.
9. Гапшис, В.А. Координатные измерительные машины и их применение. / В.А. Гапшис - М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
10. Панасенко, В.А. АО "Мотор Сич": интеллектуальный и производственный потенциал - гарант успеха предприятия / В.А. Панасенко //Промышленность в Фокусе. – 2013. – Т. 5, № 9.– С. 49-51.

11. Бурма, А. Ф. Изготовление, модернизация и ремонт обрабатывающих центров, станков с ЧПУ и другого оборудования на АО "Мотор Сич" / А. Ф. Бурма // Промышленность в Фокусе.

12. Мозговой, В.Ф. Современные методы предварительной обработки моноколёс ГТД на станках с ЧПУ / В.Ф. Мозговой, К.Б. Балушок, В.А. Панасенко, М. К. Бирук // Авиационно-космическая техника и технология, 2015, № 8 (125).

13. 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.

14. Шоботов, В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник / В.М. Шоботов - Київ: Центр навчальної літератури, - 2006. - 438 с.

15. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи магістра для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування»/ Укл. доц., к.т.н., Гончар Н.В., доц., к.т.н. Дядя С.І. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 35 с.

16. Аверьянов, И.Н. Проектирование и расчет станочных и контрольно измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах / И.Н.Аверьянов, А.Н.Болотеин, М.А.Прокофьев – Рыбинск: РГАТА, 2010. – 220с.