

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)

Магістерський (другий)
(ступінь вищої освіти)

на тему Вдосконалення функціонального стану технологічного процесу виготовлення валів турбіни компресора ПТА медичної ПТА

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-1184

Спеціальності 131. Прикладна механіка*
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування
Сотніков А.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник Тонгар М.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Винниченко Є.В.
(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри П.М.Б.
Дядя С.І.
 «_____» _____ 20__ року

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

Сотнікова Андрій Сергійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення гнучкого етапу технологічного процесу виготовлення валів пурбін компресора РТА методом ППД

керівник проекту (роботи) Тончар Наталія Вікторівна доц. к.т.н.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2019 року №4/6

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 2 грудня 2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) роботи креслення вала пурбини, програма винусу № 2000 мт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1- Технологічне гаслення 2- Конструкторське гаслення 3- Автоматизація 4- Розрахунок деталей на міцність 5- Спеціальне завдання Обробка механічною цінкою з металевого дроту як матеріала обдівки для напівцвального опору вгніт. 6- Оцінка екологічної ефективності 7- Оцінка праці

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

Креслення: 1- Робоче креслення деталі, 2- Креслення деталей 3- Машинний виготовлення деталі 4- Креслення робочого пристроювання 5- Креслення контрольного пристроювання

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

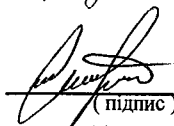
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
1-6	Тонгол Н.В. доц. к.т.н.	ВВВ 2.09.19	ВВВ 12.12.19
Охорона праці	Шмідко Віра Іванівна к.т.н. доц.	ВВВ 5.10.19	ВВВ 12.11.19
Нормування	Ришкунівський Є.В. ст. викладач	ВВВ 13.12.19	ВВВ 13.12.19

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частина. Опис призначення деталі; вибір типу виробництва; аналіз технологічності деталі. Вибір способу отримання заготовки.	18.09.2019	
2.	Проектування плану обробки; вибір бау, МОП, МОЗ; розрахунок припусків; проектування операційної технології. Оформлення документації	11.10.2019	
3.	Конструкторська частина. Проектування та розрахунок робочого і контрольного пристосування	9.11.2019	
4.	Автоматизація. Розрахунок на міцність	15.11.2019	
5.	Спецзавдання	22.11.2019	
6.	Охорона праці	25.11.2019	
	Нормоконтроль	12.12.2019	
	Представлення проекту до в.к. кафедри. Рецензія	12.12.2019	

Студент(ка)


(підпис)

Сотніков А.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Тонгол Н.В.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Вдосконалення фінішного етапу технологічного процесу виготовлення валів турбіни компресора ГТД методами ППД

Студент (ка) Сотніков Андрій Сергійович

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 10,75

Кількість сторінок пояснювальної записки 91

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

1. Технологічна частина 2. Конструкторська частина 3. Автоматизація 4. Розрахунок на міцність за допомогою модуля NX 5. Спецзавдання – Обробка механічною щіткою з металевого дроту, як альтернатива обробці для поліпшення опору втомі 6. Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів 7. Охорона праці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

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

Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Запропонований метод крацовки та специфічні металеві щітки із зігнутим дротом дають можливість отримати сприятливі властивості підповерхневого шару деталі, що збільшує термін її роботи

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

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

ж) інші зауваження 1- На кресленні робочого пристосування не вказана посадка «Поршень-циліндр». 2- В описі деяких інструментів операційної карти (оп. 035) не позначено код інструменту.

з) оцінка проекту (роботи) _____
В цілому дипломний проект студента групи М-118м Сотнікова Андрія Сергійовича заслуговує оцінку « добре »

Рецензію склав старший викладач Вишнерольський Є.В.

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

(підпис)

« 12 » 12 2019 р.

[14:28:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №437 [3] (200059 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:28:30] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №442 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:29:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №447 [3] (200020 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:29:58] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №452 [3] (200031 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:30:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №457 [3] (200047 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:30:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №462 [3] (200031 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:31:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №467 [3] (200016 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:34:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №472 [3] (200047 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:34:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [3] (200031 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)
[14:34:41] Тип проверки: *Стандартная*

[14:34:41] ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 23%)

[14:34:41] Уникальность текста 88%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Сотніков А.С.,
провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

12.12.2019р.



Національний університет "Запорізька політехніка"

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ ДИПЛОМНОГО(І) ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

Направляється студент Сотніков А.С. до захисту дипломного проекту (роботи)
(прізвище та ініціали)
за напрямом підготовки 131 Прикладна механіка
спеціальністю 131-1 технології машинобудування
(цифр і назва спеціальності)

на тему: Вдосконалення фінішного етапу технологічного процесу виготовлення валів турбіни компресора ГТД методами ППД

(назва теми)

Дипломний проект (робота) і рецензія додаються

Директор інституту, декан факультету

(підпис)

Довідка про успішність

Сотніков А.С.

(прізвище та ініціали студента)

за період навчання в інституті, на факультеті, у відділенні

Машинобудівний з 20 18 року до 20 19 року повністю
виконав навчальний план за напрямом підготовки, спеціальністю з таким розподілом
оцінок за:

національною шкалою: відмінно 0 %, добре 8,33 %, задовільно 75 %;

100-бальною шкалою

шкалою ECTS: A 0 %; B 0 %; C 8,33 %; D 0 %; E 75 %.

Секретар інституту, факультету (відділення)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Висновок керівника дипломного проекту (роботи)

Студент (ка) Сотніков А.С. виконав дипломну роботу в повному
обсязі, в установлені терміни. Дипломний проект
відповідає діючим вимогам ДСТУ, ГОСТ, ЕСТД, ЕСТД та
іншим нормативним документам. Студент виконав
літературний науковий пошук, координує дослідження,
розрахунки, проекти і конструкторські рішення виснов-
ки. Студент проявив достатні знання і вміння, за
результатами дослідження має 1 публікацію. Виплому
дипломний проект засудовує оцінку "добре"

Керівник проекту (роботи)

В.В. Пашар

(підпис)

Пашар НВ

" 10 "

12

20 19 року

Висновок кафедри про дипломний проект (роботу)

Дипломний проект (робота) розглянуто (а): Студент (ка) Сотніков А.С.

(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даного (ї) проекту (роботи) в експертній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(назва)

С.І. Дядя

(прізвище та ініціали)

(підпис)

" "

20 року

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ,СИМВОЛІВ,ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГТД	Газотурбінний двигун
ГКМ	Горизонтально - кувальна машина
ДСТУ	Державний стандарт України
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
КГШП	Кривошипно горячештамповочний прес
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
ТП	Технологічний процес
ХТО	Хіміко - термічна обробка

РЕФЕРАТ

ПЗ: сторінок; 52 рисунків; 9 таблиць; 2 додатки; 9 джерел.

Тема роботи: Модернізація технологічного процесу виготовлення деталі «Вал турбіни компресора» авіаційного газотурбінного двигуна в умовах серійного виробництва.

Деталь виготовляється з хромонікельмарганцевої сталі 40ХНМА-Ш.

Метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу обробки деталі на основі базового варіанту технологічного процесу.

Метод дослідження : розрахунково-аналітичний.

Вдосконалення технологічного процесу відбувається за рахунок:

- змінення способу отримання заготовки з КГШП на ГKM, тим самим зменшивши масу заготовки від базової $m=38,8$ кг, до проекрованої вибраного $m=29,78$ кг.

- підвищення техніко-економічних показників було об'єднано операцію 010 – відрізу яка виконувалася на відрізному верстаті 8Б72, і операцію 015 – свердлильну яка виконувалася на радіально-свердлильному верстаті 2А53, в загальну - 010 фрезерно-центрувальну на фрезерно-центрувальному верстаті МР75-М;

- розробки пристосування для закріплення деталі при обробці та пристосування для контролю з використанням пневмоприводу;

- оптимізації геометрії найвразливішої частини деталі;

- автоматизації контролю та вимірювання залишкових напружень;

- операція 080- токарна яка виконувалася на токарному верстаті з ЧПК 1К62Ф3С1 і операція 175 токарна яка виконувалася на токарному верстаті 1А62 були об'єднані в 055 токарну на токарному верстаті з ЧПК 1К62Ф3С.

В магістерській роботі для визначення маси заготовки були розраховані припуски; для визначення норм часу були розраховані режими різання; розраховали зусилля затиску робочого пристосування.

ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА, НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ВСТУП

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

- 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі
- 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт
- 1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням
- 1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі
 - 1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність
 - 1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь
 - 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі
- 1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів
- 1.6 Розрахунок режимів різання
- 1.7 Технічне нормування операцій
- 1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ

- 1.8.1 Розробка токарної операції
- 1.8.2 Розробка свердлильної операції
- 1.8.3 Розробка фрезерної операції

2 Конструкторська частина

- 2.1 Проектування робочого пристосування
 - 2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування
 - 2.1.2 Розрахунок пристосування на точність
 - 2.1.3 Визначення необхідної сили затиску
- 2.2 Проектування контрольного пристосування

3 Автоматизація

4 Розрахунок деталі на міцність

- 4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі
- 4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції
- 4.3 Оптимізація геометрії деталі

5 Спеціальне завдання. Обробка механічною щіткою з металевого дроту, як альтернатива обдувці для поліпшення опору втомі

6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів

7 Охорона праці

Висновок

Перелік посилань

Додаток А. Специфікація робочого пристосування

Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування

ВСТУП

У магістерській дипломній роботі з теми «Модернізація технологічного процесу виготовлення деталі «Вал турбіни компресора» авіаційного ГТД» проектується технологічний процес обробки в умовах серійного виробництва.

Метою проектування є впровадження більш досконалого устаткування, методів техніко-економічного аналізу, пошук шляхів підвищення продуктивності праці і якості виготовленої продукції.

Технологія машинобудування – це наука, що вивчає і встановлює закономірності протікання процесів обробки і параметри, вплив яких найбільше ефективно позначається на інтенсифікації процесів і підвищення їхньої точності. Вона вивчає напрямки і засоби обробки матеріалів необхідних для виготовлення машин (виробів), з використанням прогресивних методів і засобів виробництва.

Технологія авіаційного двигунобудування розглядає ті ж питання з врахуванням особливості конструкції виробів (складні двигуни), умов їх експлуатації (швидкість, тиск) і вимог щодо надійності виробів. Основними напрямками є розробка економічних технологій (з малими витратами часу і матеріалів на виробництво, розробка безперервних технологій автоматизованих з малою участю робітників). Розробка екологічно чистих технологій без відходів.

Усе це допомагає підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, зменшує витрату матеріалу, витрати на інструмент, збільшує кількість і підвищує якість продукції, зменшує собівартість, збільшує рівень виробництва і продуктивності процесу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Вал турбіни компресора» (рисунок 1.1) є складовою частиною турбіни. В турбіні потенціальна енергія газу в вигляді тепла і тиску перетворюється в механічну роботу на валу ротора двигуна, яка використовується для приводу компресора, повітряного гвинта і агрегатів. Турбокомпресор або газотурбінний нагнітач — компресор динамічної дії (відцентровий або осьовий), у якому дія на потік стиснутого газу здійснюється обертовими гратками лопаток ротора, що приводиться в рух і працює в парі на одному валу із турбіною є основним конструктивним елементом газотурбінних двигунів та важливим вузлом двигунів внутрішнього згоряння, що оснащені системою наддування.

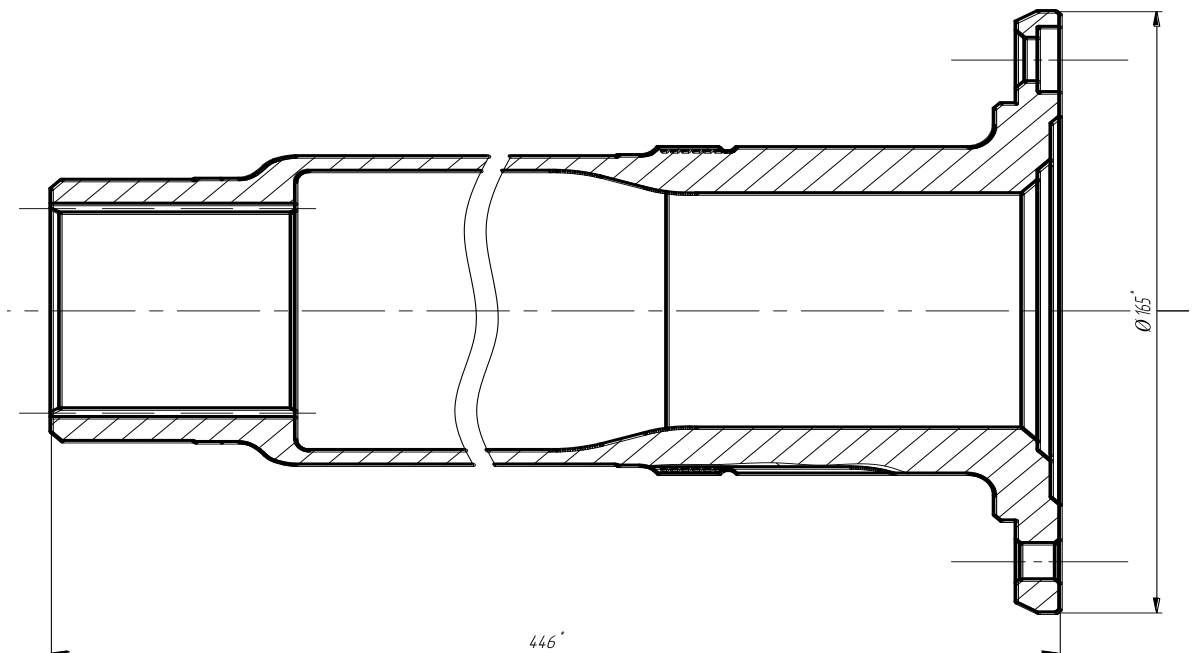


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві, вироби виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції й однакових по розмірах деталей, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком, як при обробці, так і при складанні. Поняття «партія» відноситься до кількості деталей, а поняття «серія» — до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей у партії і кількість машин у серії можуть бути різними.

У серійному виробництві, у залежності від кількості виробів у серії, їхньої характеристики і трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють: дрібносерійне, середньо серійне, багатосерійне. Коефіцієнт закріплення операцій: $K_{30}=1\ldots 10$ – багатосерійне виробництво; $K_{30}=10\ldots 20$ – середньо серійне виробництво; $K_{30}=20\ldots 40$ – дрібносерійне виробництво.

У серійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, що закріплені за визначеними верстатами. Технологічний процес розробляється докладно. Верстати застосовуються різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні, автоматизовані.

Верстатний парк повинний бути спеціалізований у такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, різальний інструмент і вимірювальний інструмент у виді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготівка при серійному типі виробництва по конфігурації повинна наближатися до готової деталі, коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6–0,88. Кваліфікація робітників невисока.

Серійне виробництво значно економніше, в порівнянні з одиничним, завдяки використанню устаткування, спеціалізації робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво є найбільш розповсюдженим видом виробництва, у машинобудуванні. Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими і матеріальними витратами, а це залежить від:

- грамотного вибору варіанта технологічного процесу;
 - оснащення технологічного процесу;
 - застосування спеціальних верстатів, напіваавтоматів і автоматів;
 - рівня механізації й автоматизації виробництва;
- застосування оптимальних режимів різання обробки деталей.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготівки з економічним обґрунтуванням

Порівнюємо два методи отримання штампованих заготовок КГШП (кривошипно горячештамповочний прес) та ГKM (горизонтально- кувальну машину).

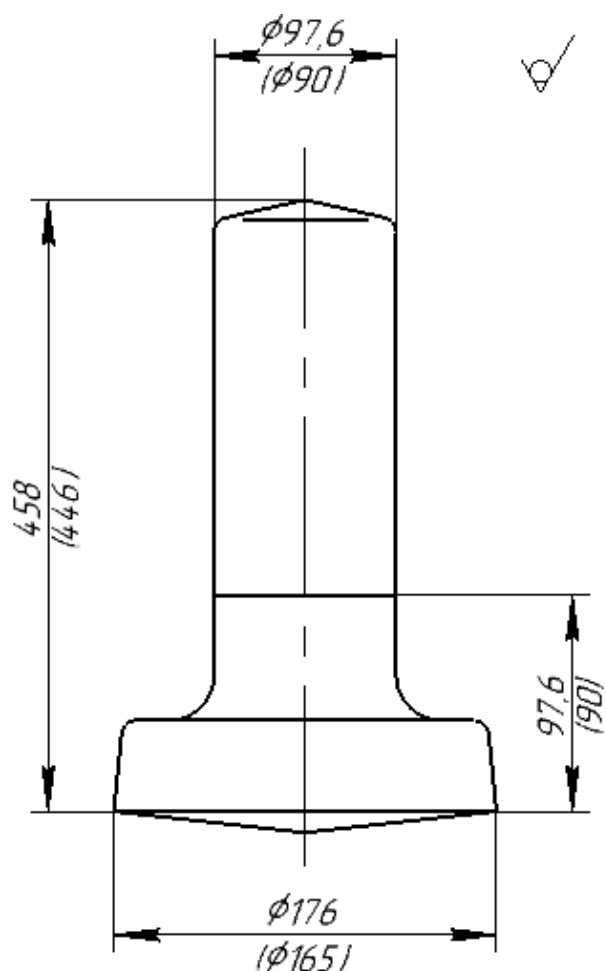


Рисунок 1.2 – Ескіз горячештампованої заготівки

Масу заготівки визначаємо за допомогою програми Siemens NX 12.0 (рис.1.3).

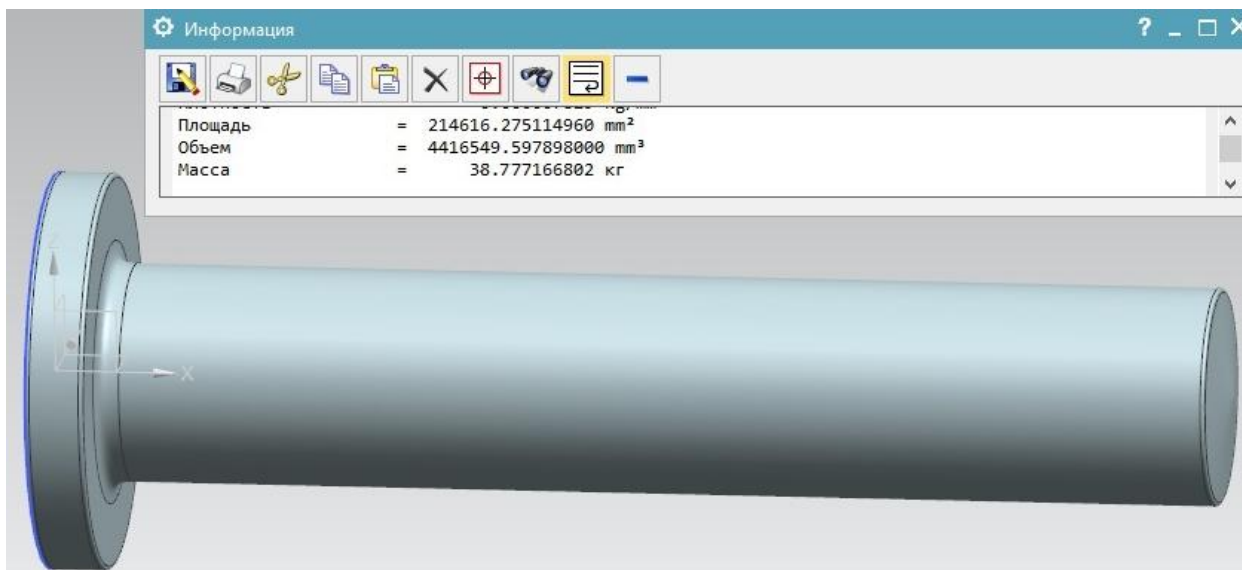


Рисунок 1.3 – Модель горячештампованої заготівки

Маса горячештампованої заготовки $m_3 = 38,8$ кг.

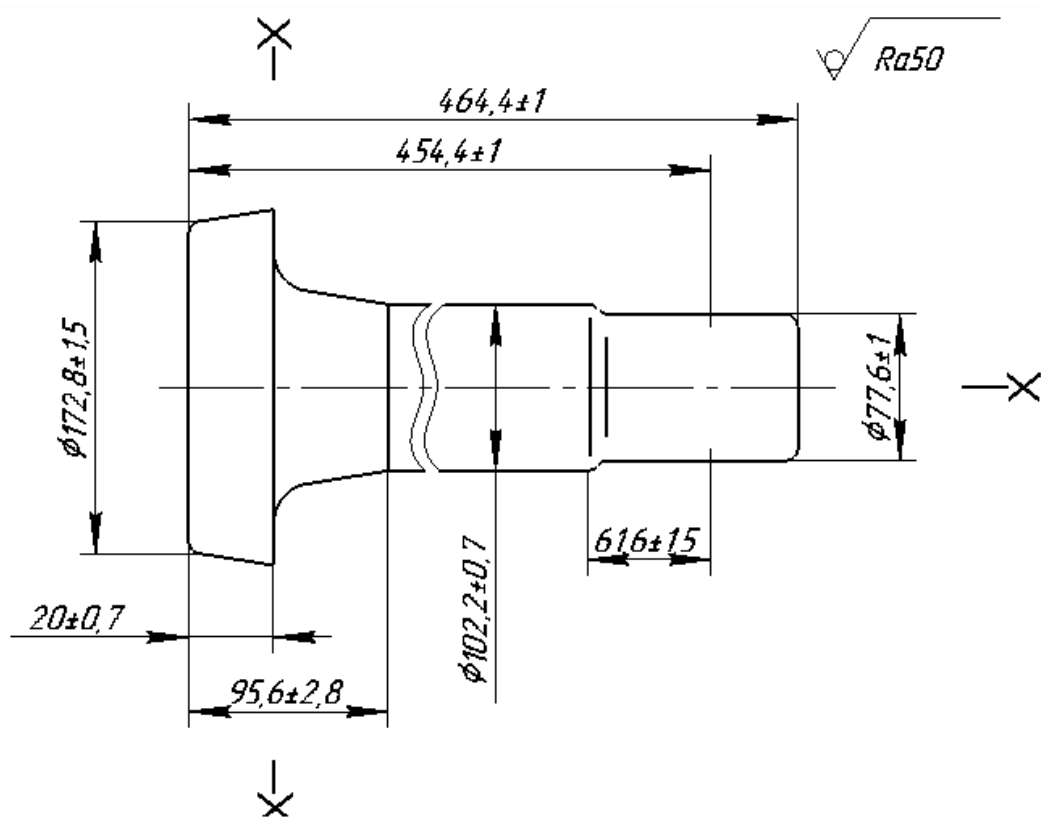


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, виготовленої на ГKM

Масу заготовки визначаємо за допомогою програми Siemens NX 12.0 (рис.1.5).

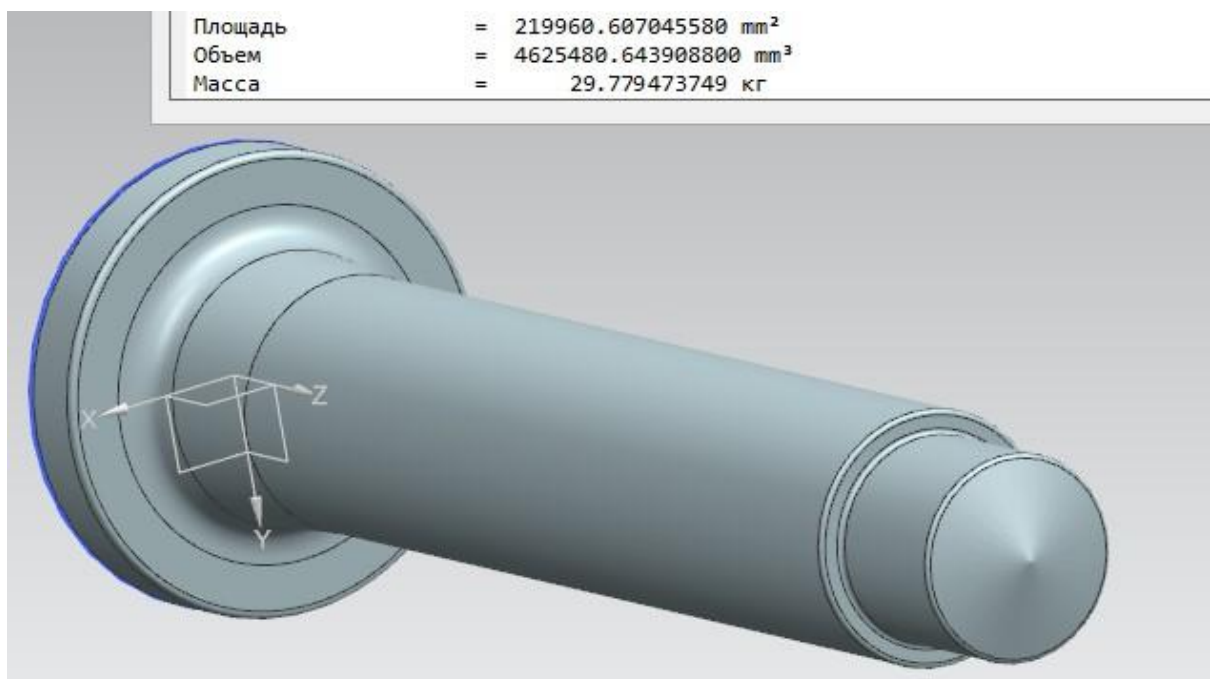


Рисунок 1.5 – Модель заготовки виготовленої на ГKM

Розраховуємо вартість однієї заготовки, отриманої одним зі способів:
- КГШП (штамповка):

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

де Q – маса заготовки, кг;

B_6 – базова вартість виготовлення 1 т заготовок, грн;

K_T – коефіцієнт, враховуючий точність заготовки;

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт враховуючий групу складності виготовлення заготовки;

K_3 – коефіцієнт враховуючий масу заготовки;

K_{Π} – коефіцієнт враховуючий програму випуску заготовок.

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 38,8 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,89 \cdot 0,8 - (38,8 - 5,85) \frac{140}{1000} = 136,4 \text{ грн.}$$

- ГKM:

$$B_{\Pi} = \frac{3150}{1000} \cdot 29,78 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,89 \cdot 0,8 - (29,78 - 5,85) \cdot \frac{140}{1000} = 94,03 \text{ грн.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу (КBM):

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

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

- КГШП:

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{5,85}{38,8} = 0,15$$

- ГKM:

$$\eta_{\text{оф}} = \frac{5,85}{29,78} = 0,2$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.1.

При порівнянні двох способів отримання заготовки, заготовка виготовлена на ГKM виявилася дешевшою ніж на КГШП, та коефіцієнт використання матеріалу її вищий, тому виготовлення заготовки на ГKM є більш доцільним.

Таблиця 1.1 – Порівняльні показники за варіантами

Показник	Позначення	Одиниця	Варіант	
			КГШП	ГКМ
Маса загот.	Q	кг	38,8	29,78
Базова варт. 1т заг.	Сб	грн	3500	3150
Коефіцієнти	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1,8	1,8
	K_B	-	0,89	0,89
	K_n	-	0,9	1
	K_C	-	0,8	0,8
Варт. 1т стружки	$S_{отх}$	грн	140	140
Варт. 1шт загот.	С	грн	136,4	94,03
КВМ	η_1	-	0,15	0,2

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність конструктивних особливостей виробу, що забезпечує зручність в експлуатації, ремонт та технічне обслуговування при використанні економічних та продуктивних методів обробки. Існує два види оцінки технологічності деталі: якісна і кількісна.

Якісна оцінка включає до себе відпрацьовування її конструкції з метою максимальної уніфікації елементів (діаметральних розмірів, різьб, фасок, канавок, шліцьових з'єднань та інше); правильний вибір та постановку розмірів, оптимальних допусків та шорсткості поверхонь; дотримання всіх вимог, які пред'являються до заготовок; дотримання всіх вимог, які пред'являються до технологічності елементів при механічній обробці (доступність обробки, можливість входу і виходу інструменту, наявність надійних поверхонь для кріплення деталі при механічній обробці) та інше.

Коефіцієнт використання матеріалу в машинобудуванні повинен бути $\eta \geq 0,8$. КВМ даної деталі $\eta = 0,2$, тому деталь оцінюється як не технологічна. Також вона не задовольняє критерію технологічності тому, що вона є надто важкою $m_{заг} = 29,78$ кг та її треба транспортувати, встановлювати та знімати з верстату за допомогою додаткових пристроїв. До того ж деталь є тонкостінною, що також не відповідає критеріям технологічності.

Кількісна оцінка визначається за коефіцієнтами за формулою:

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ун}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} \quad (1.3)$$

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

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

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

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_{yH} = \frac{n_{yH}}{n_{\Sigma}} \quad (1.4)$$

де K_{yH} – коефіцієнт уніфікації;
 n_{Σ} - загальна кількість деталей.

Коефіцієнт точності визначаємо за формулою:

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (1.5)$$

де $K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності;
 A_{cp} – середній квалітет точності визначається за формулою:

$$A_{cp} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\Sigma n} \quad (1.6)$$

де $n_{1\dots n}$ – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;
 Σn – кількість усіх розмірів.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}} > 0,6 \quad (1.7)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;
 B_{cp} – середній квалітет шорсткості, який визначається за формулою:

$$B_{cp} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\Sigma n} \quad (1.8)$$

де $K_{4\dots 7}$ – клас шорсткості;
 $n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості;
 Σn – кількість усіх розмірів.

Виконуємо якісну оцінку (рис.1.2):

- деталь має геометричну форму середньої складності, відноситься до класу корпусів;

- деталь тонкостінна;
- деталь габаритна;
- деталь нормальної точності;
- уніфіковані елементи: фаски, радіуса;
- деталь можна обробляти стандартним інструментом;
- всі поверхні доступні до обробки.

Виконуємо кількісну оцінку.

Всі одержані дані заносяться до таблиці 1.2.

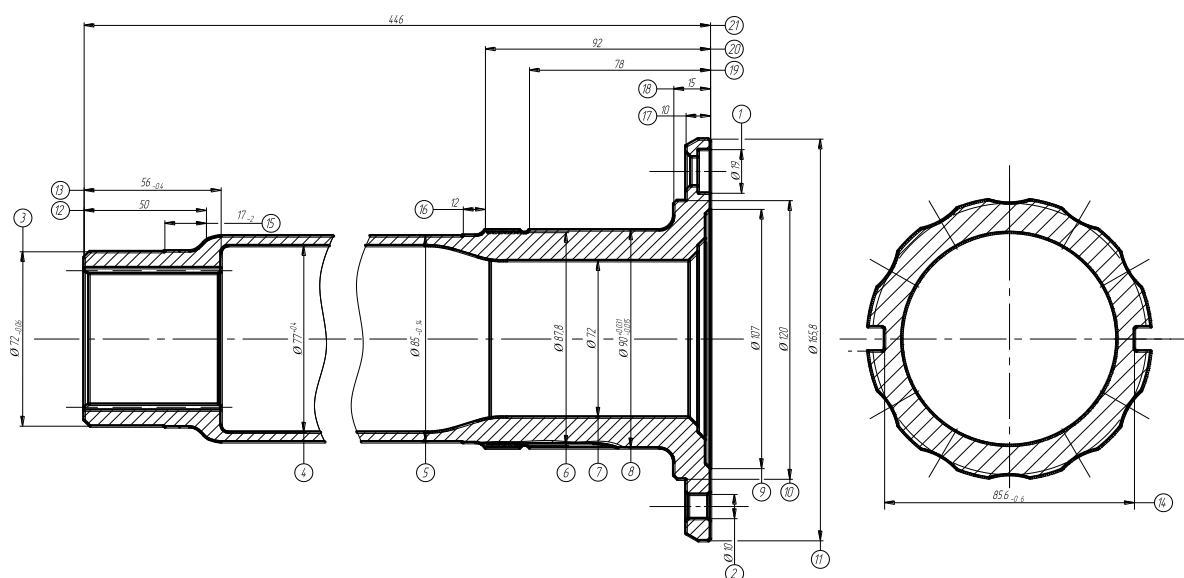


Рисунок 1.6 – Технологічна розмітка поверхонь деталі «вал турбіни компресора».

Таблиця 1.2 – Аналіз деталі на технологічність

№розм	Розміри	Квалітет	Шорсткість	Уніфікація
1	2	3	4	5
діаметральні				
1	$\varnothing 19^{(+0,023)}$	H7	0,8/7	+
2	$\varnothing 12^{(+0,019)}$	H7	0,8/7	+
3	$\varnothing 72_{(-0,06)}$	h8	0,8/7	+
4	$\varnothing 77^{(+0,4)}$	H12	1,6/6	-
5	$\varnothing 85_{(-0,14)}$	h10	1,6/6	+
6	$\varnothing 87,8$	h11	1,6/6	+
7	$\varnothing 72$	H11	1,6/6	+
8	$\varnothing 90_{(-0,046)}$	H11	0,8/7	-
9	$\varnothing 120^{(+3,5)}$	H17	1,6/6	-
10	$\varnothing 120_{(-0,23)}$	h11	1,6/6	+
11	$\varnothing 165^{(+0,032)}_{(+0,014)}$	m6	0,8/7	+
лінійні				
12	50	H11	1,6/6	+
13	$56^{(+0,4)}$	H12	1,6/6	-
14	$85,6_{(-0,16)}$	h11	1,6/6	+
15	$17_{(-2)}$	h11	1,6/6	+
16	13	h11	1,6/6	+
17	$10_{(-0,1)}$	h11	1,6/6	+
18	$15_{(-0,12)}$	h9	0,8/7	+
19	78	h9	0,8/7	+
20	92	h9	0,8/7	+
21	$446_{(-0,155)}$	h9	0,8/7	+

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (1.4):

$$K_{yn} = \frac{17}{21} = 0,81 \geq 0,6$$

Отже, за даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Середній квалітет точності та коефіцієнт точності визначається за формулою (1.6), (1.5):

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 4 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 9 + 12 \cdot 2 + 17 \cdot 1}{21} = 10,2$$
$$K_{точ} = 1 - \frac{1}{10,2} = 0,9 > 0,6$$

За даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Коефіцієнт шорсткості та середній квалітет шорсткості, який визначається за формулами (1.7), (1.8):

$$B_{cp} = \frac{3 \cdot 4 + 4 \cdot 15 + 6 \cdot 7 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1}{28} = 4,61$$
$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{4,61} = 0,78 > 0,6$$

За даним коефіцієнтом деталь являється технологічною.

Загальний рівень технологічності визначаємо за формулою (1.3)

$$K_{тех} = \frac{0,93 + 0,92 + 0,78}{3} = 0,88 > 0,6$$

На підставі вищевикладених обчислень, можна зробити висновок, що деталь відповідає коефіцієнтам кількісної оцінки технологічності конструкції, але не задовольняє критеріям якісної оцінки, тому деталь не являється технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\phi 90_{(-0,046)}$.

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$Td_3 = 1400$ мкм;

$Ra_3 = 12,5$ мкм;

Квалітет - IT 15;

Деталь:

$Td_d = 0,046 \text{ мм} = 46 \text{ мкм}$;

$Ra_d = 1,6 \text{ мкм}$

Уточнення за квалітетом визначається за формулою:

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}; \quad (1.9)$$

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

$Td_{дет}$ – допуск на деталь в мкм.

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{1400}{46} = 30,43$$

Уточнення за шорсткістю визначається за формулою:

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}; \quad (1.10)$$

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

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

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{12,5}{1,6} = 7,81$$

Кількість переходів розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} K_{расч} &= 2lg\varepsilon_{oTd} \\ K_{расч} &= 2 \cdot lg30,43 = 2,96 \end{aligned} \quad (1.11)$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\begin{aligned} \Delta &= IT_{заг} - IT_{дет} = 15 - 8 = 7 = 4 + 2 + 1 \\ &IT15 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow h8 \\ &Ra 12,5 \rightarrow Ra 6,3 \rightarrow Ra 3,2 \rightarrow Ra 1,6 \end{aligned}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{oTd} &\leq P\varepsilon_{iTd} \\ 30,43 &\leq 30,48 - \text{вірна} \\ \varepsilon_{oRa} &\leq P\varepsilon_{iRa} \\ 7,81 &\leq 8 - \text{вірна} \end{aligned}$$

Результати розрахунків занесені до таблиці 1.3. Перевірка виконана, маршрут обробки заданої поверхні являється виконаним.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні
Ø72H8^(+0,046).

Дані щодо деталі та заготовки:

Заготовка:

$Td_3 = 1200$ мкм;

$Ra_3 = 12,5$ мкм;

Квалітет – IT 15;

Деталь:

$Td_d = 0,046$ мм = 46 мкм;

$Ra_d = 1,6$ мкм

Квалітет – H8^(+0,046).

Уточнення за квалітетом та шорсткістю розраховуються за формулами
(1.9), (1.10):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{1200}{46} = 26,08$$
$$\varepsilon_{oRa} = \frac{12,5}{1,6} = 7,8$$

Кількість переходів розраховується за формулою (1.11):

$$K_{расч} = 2 \cdot \lg 16,09 = 3$$

Приймаємо кількість переходів $K=4$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 15 - 8 = 7 = 3 + 2 + 1 + 1$$
$$IT15 \rightarrow H12 \rightarrow T/O \rightarrow H10 \rightarrow H9 \rightarrow H8$$
$$Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6 \rightarrow Ra\ 1,6$$

Перевірка:

$$\varepsilon_{oTd} \leq P\varepsilon_{iTd}$$
$$26,08 \leq 26,09 - \text{вірна}$$
$$\varepsilon_{oRa} \leq P\varepsilon_{iRa}$$
$$7,8 \leq 8 - \text{вірна}$$

Результати розрахунків занесені до таблиці 1.3. Перевірка виконана,
маршрут обробки заданої поверхні являється виконаним.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі був удосконалений такими діями:

- операція 010 – відрізна яка виконувалася на відрізному верстаті 8Б72, і операція 015 – свердлильна яка виконувалася на радіально-свердлильному верстаті 2А53, були об'єднані в загальну - 010 фрезерно-центрувальну на фрезерно-центрувальному верстаті МР75М;

- операція 080- токарна яка виконувалася на токарному верстаті з ЧПК 1К62Ф3С1 і операція 175 токарна яка виконувалася на токарному верстаті 1А62 були об'єднані в 055 токарну на токарному верстаті з ЧПК 1К62Ф3С1;

Таблиця 1.3 – План обробки поверхонь

	Показ., мкм	Уточн.	Кіл. пер.	Різн. пок. ППТК	i	Метод обр.		Td, мкм	Ra, мкм	ε_{Td}	ε_{Ra}
Зов. цил. пов. $\varnothing 90_{-0,046}^{+0,046}$	Td	30,43	3	15-8=7= =4+2+1	1	Загот.	IT14	1400	12,5	-	-
					2	Чорн. точ.	h11	220	6,3	6,37	2
					3	Нарівчист. точ.	h9	87	3,2	2,53	2
					4	Чист. точ.	h8	46	1,6	1,89	2
	Ra	7,81			5	Уточнення				30,48	8
Внутр. цил. пов. $\varnothing 72H8^{(+0,046)}$	Td	26,08	4	15-8=7= =3+2+1+1	1	Загот.	-	-	-	-	-
					2	Свердління	H12	300	12,5	-	-
					3	Т/О	-	-	-	-	-
					4	Розт.чорн.	H10	120	6,3	2,5	2
					5	Розт.чист.	H9	74	3,2	1,62	2
					6	Шліфування	H8	46	1,6	1,6	1
	Ra	7,8			7	Уточнення				26,09	8

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розраховуємо припуск розрахунково-аналітичним методом на розмір $\varnothing 72H8^{(+0,046)}$.

Внутрішня поверхня $\varnothing 72H8^{(+0,046)}$ Ra=1,6; HB 285...331;

МОП:

1. Заготівка
2. Свердління H12($T_{D2} = 300$ мкм);
3. Т/О (нормалізація);
4. Розточування чорнове H10($T_{D4} = 120$ мкм);
5. Розточування чистове H9($T_{D5} = 74$ мкм);
6. Шліфування H8($T_{D6} = 46$ мкм);

Для заготовки нормативні значення висоти нерівностей Rz та висоти дефектного шару h приймаємо за [1, табл.3.7, с.23]. Дані занесені до таблиці 1.4.

За переходами:

1. Заготівка $Rz_1 = - h_1 = -$;
2. Свердління $Rz_2 = 50$ мкм $h_2 = 50$ мкм;
4. Розточування чорнове $Rz_4 = 25$ мкм $h_4 = 40$ мкм;
5. Розточування чистове $Rz_5 = 6,3$ мкм $h_5 = 10$ мкм;
6. Шліфування $Rz_6 = 6,3$ мкм $h_6 = 10$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою:

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

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

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

Допустиме значення зміщення поверхні розраховується за формулою:

$$\rho_{зм} = \rho_{зм \text{ таб}} \cdot l \quad (1.13)$$

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

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{зм} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ мкм}$$

Допустиме значення короблення поверхні розраховується за формулою:

$$\rho_{кор} = \rho_{к \text{ таб}} \cdot l \quad (1.14)$$

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

l – довжина даної поверхні; $l = 80$ мм.

$$\rho_{кор} = 3 \cdot 80 = 210 \text{ мкм}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою (1.12):

$$\rho_2 = \sqrt{160^2 + 210^2} = 264 \text{ мкм}$$

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

$$\rho_4 = \rho_2 \cdot k_4 = 264 \cdot 0,06 = 16 \text{ мкм};$$

$$\rho_5 = \rho_4 \cdot k_5 = 15,84 \cdot 0,04 = 0,6 \text{ мкм};$$

$$\rho_6 = \rho_5 \cdot k_6 = 0,63 \cdot 0,03 = 0 \text{ мкм}.$$

Визначення мінімальних припусків розраховується за формулою:

$$2z_i^{min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.15)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей попередньої операції;
 h_{i-1} – висота дефектного шару попередньої операції;
 ρ_{i-1} – значення просторового відхилення попередньої операції;
 ε_i – значення похибки установки даної операції, [2, табл.13, с.42].

$$2z_4^{min} = 2(50 + 50 + \sqrt{264^2 + 200^2}) = 0,86 \text{ мм};$$

$$2z_5^{min} = 2(25 + 40 + \sqrt{16^2 + 80^2}) = 0,29 \text{ мм};$$

$$2z_6^{min} = 2(6,3 + 10 + \sqrt{0,6^2 + 50^2}) = 0,13 \text{ мм}.$$

Розраховуємо номінальні припуски

$$2z_4^H = 2z_4^{min} + e_{i2} = 0,86 + 0,15 = 1,01 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{min} + Td_4 = 0,29 + 0,12 = 0,41 \text{ мм};$$

$$2z_6^H = 2z_6^{min} + Td_5 = 0,13 + 0,074 = 0,204 \text{ мм}.$$

Знаходимо номінальні діаметри:

$$d_6^H = d_{дет}^H = 72 \text{ мм};$$

$$d_5^H = d_6^H - 2z_6^H = 72 - 0,204 = 71,796 \text{ мм};$$

$$d_4^H = d_5^H - 2z_5^H = 71,796 - 0,41 = 71,386 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_4^H - 2z_4^H = 71,386 - 1,01 = 70,376 \text{ мм}.$$

Знаходимо максимальні припуски:

$$2z_4^{max} = 2z_4^{min} + Td_2 + Td_4 = 0,86 + 0,3 + 0,12 = 1,28 \text{ мм};$$

$$2z_5^{max} = 2z_5^{min} + Td_5 = 0,41 + 0,074 = 0,484 \text{ мм};$$

$$2z_6^{max} = 2z_6^{min} + Td_6 = 0,204 + 0,046 = 0,25 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 1,01 + 0,41 + 0,204 = 1,624 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$d_{дет}^H - d_{заг}^H = 2z_0^H$$

$$72 - 70,376 = 1,624$$

$$1,624 = 1,624$$

Перевірка виконана, тому схема припусків складена вірно.

Таблиця 1.4 - Розрахунок припусків на обробку циліндричної внутрішньої поверхні $\varnothing 72\text{H}8^{(+0,046)}$

	Найменування операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ	ε_i	Td , мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Вик. p-p d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівельна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Свердлильна	50	50	264	-	0,3	-	70,376	$\varnothing 70,4^{+0,3}$	-	-
3	Т/О нормалізація	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Розточування чорнове	25	40	16	200	0,12	0,01	71,386	$\varnothing 71,4^{+0,12}$	1,28	0,86
5	Розточування чистове	6,3	10	0,6	80	0,074	0,41	71,796	$\varnothing 71,8^{+0,074}$	0,484	0,29
6	Шліфування	6,3	10	0	50	0,046	0,204	72	$\varnothing 72^{+0,046}$	0,25	0,13

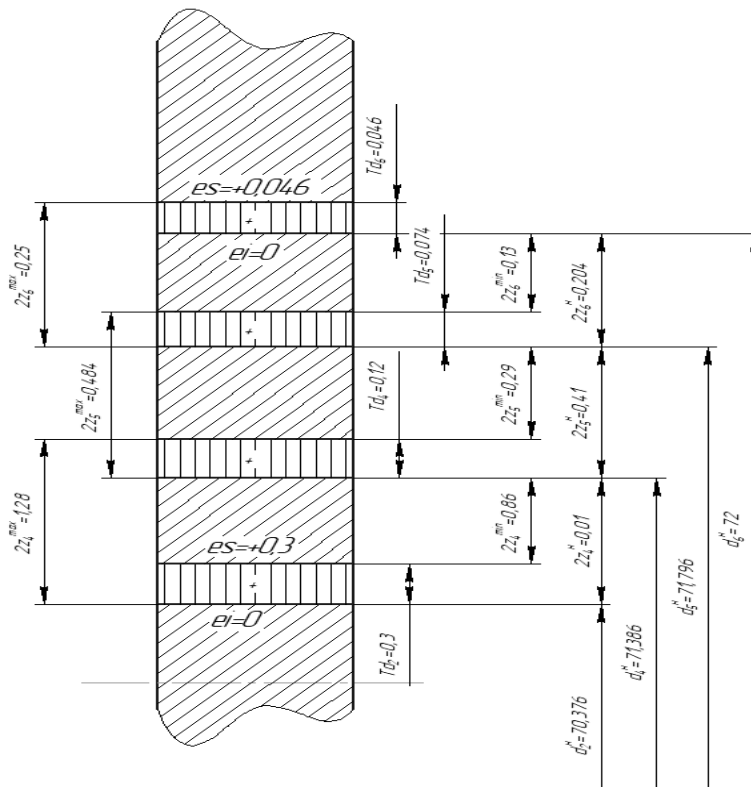


Рисунок 1.7 - Схема припусків та операційних розмірів для циліндричної внутрішньої поверхні $\varnothing 72\text{H}8^{(+0,046)}$.

Розрахунок припусків табличним способом.

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 90_{-0,046}$.

Обираємо мінімальні припуски табличним способом [1, табл.4.3, с.33].

1. Заготівка;

2. Точіння чорнове $2z_2^{min} = 2 \cdot 3,5 = 7$ мм;

3. Точіння напівчистове $2z_3^{min} = 2 \cdot 1,4 = 2,8$ мм;

4. Точіння чистове $2z_4^{min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6$ мм.

Знаходимо максимальні діаметри:

$$\begin{aligned}
d_4^{max} &= d_4^H + es_4 = 90 + 0 = 90 \text{ мм}; \\
d_3^{max} &= d_4^{max} + 2z_4^{min} + Td_3 = 90 + 0,6 + 0,087 = 90,687 \text{ мм}; \\
d_2^{max} &= d_3^{max} + 2z_3^{min} + Td_2 = 90,687 + 2,8 + 0,22 = 93,707 \text{ мм}; \\
d_1^{max} &= d_2^{max} + 2z_2^{min} + Td_1 = 93,707 + 7 + 1,4 = 102,107 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Знаходимо мінімальні діаметри:

$$\begin{aligned}
d_1^{min} &= d_1^{max} - Td_1 = 102,107 - 1,4 = 100,707 \text{ мм}; \\
d_2^{min} &= d_2^{max} - Td_2 = 93,707 - 0,22 = 93,487 \text{ мм}; \\
d_3^{min} &= d_3^{max} - Td_3 = 90,687 - 0,087 = 90,6 \text{ мм}; \\
d_4^{min} &= d_4^{max} - Td_4 = 90 - 0,046 = 89,954 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Знаходимо розрахункові мінімальні припуски:

$$\begin{aligned}
2z_2^{min} &= d_1^{min} - d_2^{max} = 100,707 - 93,707 = 7 \text{ мм}; \\
2z_3^{min} &= d_2^{min} - d_3^{max} = 93,487 - 90,687 = 2,8 \text{ мм}; \\
2z_4^{min} &= d_3^{min} - d_4^{max} = 90,6 - 90 = 0,6 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Знаходимо максимальні припуски:

$$\begin{aligned}
2z_2^{max} &= d_1^{max} - d_2^{min} = 102,107 - 93,487 = 8,62 \text{ мм}; \\
2z_3^{max} &= d_2^{max} - d_3^{min} = 93,707 - 90,6 = 3,107 \text{ мм}; \\
2z_4^{max} &= d_3^{max} - d_4^{min} = 90,687 - 89,954 = 0,733 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned}
TZ_o &= 2z_o^{max} - 2z_o^{min} = Td_{заг} + Td_{дет}; \\
2z_o^{max} &= d_1^{max} - d_4^{min} = 102,107 - 89,954 = 12,153 \text{ мм}; \\
2z_o^{min} &= d_1^{min} - d_4^{max} = 100,707 - 90 = 10,707 \text{ мм}. \\
&12,153 - 10,707 = 1,4 + 0,046 \\
&1,446 = 1,446
\end{aligned}$$

Перевірка виконана, тому схема припусків складена вірно.

Таблиця 1.5 - Розрахунок припусків на обробку циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 90h8_{(-0,046)}$.

	Операції	d_i^{min} , мм	d_i^{max} , мм	Td, мм	Исп. p-p d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівка	100,707	102,107	1,4	$\varnothing 102,2 \pm 0,7$	-	-
2	Чорн. точ.	93,487	93,707	0,22	$\varnothing 93,8_{-0,22}$	8,62	7
3	Напівчи. точ	90,6	90,687	0,087	$\varnothing 90,687_{-0,087}$	3,107	2,8
4	Чист. точ.	89,954	90	0,046	$\varnothing 90_{-0,046}$	0,733	0,6

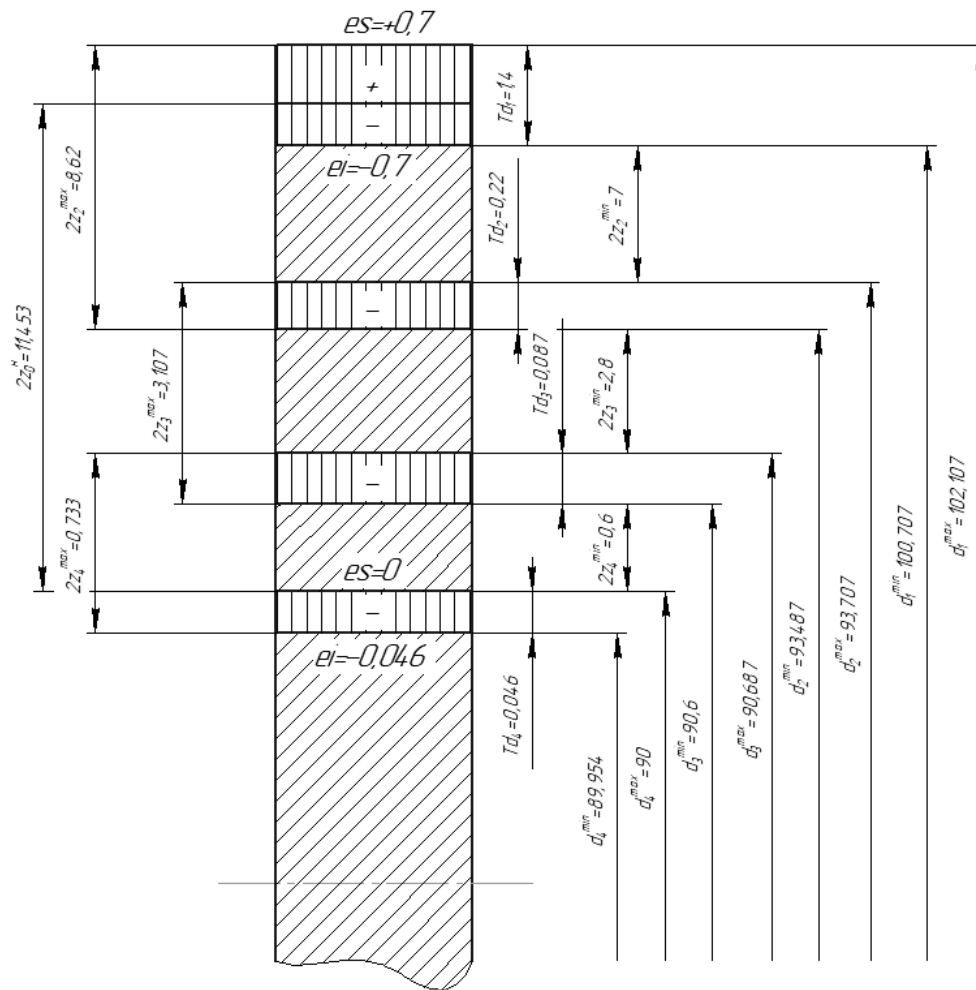


Рисунок 1.8 - Схема припусків та операційних розмірів для циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 90h8_{(-0,046)}$.

1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на операцію 010 – Фрезерно-центрувальну (рис.1.9).

Перехід 1- фрезерування торців 1, 2 одночасно.

Згідно вихідних даних, обираємо ріжучий інструмент: фреза торцева насадна $D=200$ мм; $b=45$ мм; $d=50$ мм; $z= 20$ зі швидкорізальної сталі Р6М5, ГОСТ 1092-80. [3, таб.93, с.187].

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{L_{max} - L_{min}}{2} \quad (1.16)$$

де $L_{max/min}$ – відповідно довжина деталі до та після обробки.

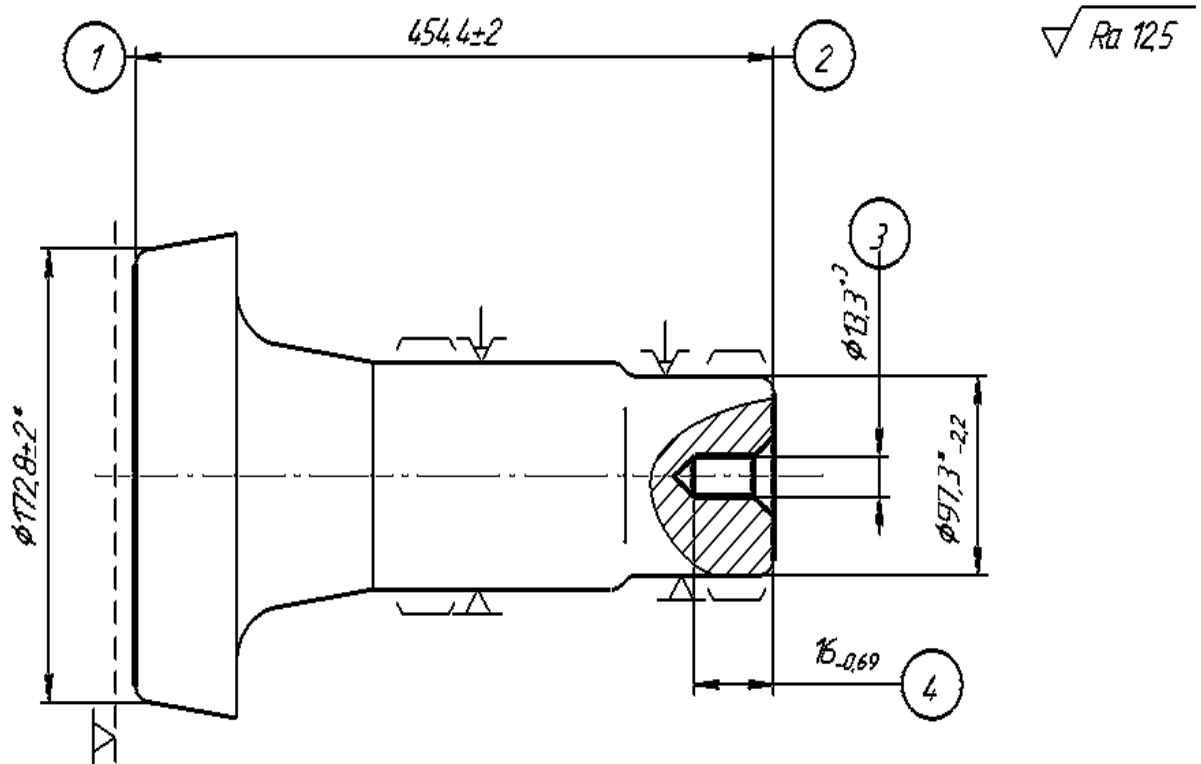


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки деталі “ Вал турбіни компресора” на фрезерно-центрувальну операцію 010. Верстат МР75М.

$$t = \frac{454,4 - 451}{2} = 1,7 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту назначаємо $T=240$ хв [3, таб.30, с.279].

Подача в мм на один зуб розраховується за формулою:

$$S_o = S_T \cdot K_{S_{zD}} \cdot K_{S_{zt}} \cdot K_{S_{zп}} \cdot K_{S_{zo}} \cdot K_{S_{zш}} \cdot K_{S_{zi}} \quad (1.17)$$

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

$K_{S_{zD}}$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [4, с.12];

$K_{S_{zt}}$ – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [4, с.12]

$K_{S_{zп}}$ – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [4, с.12];

$K_{S_{zo}}$ – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження; [4, с.12];

$K_{S_{zш}}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні [4, с.12];

$K_{S_{zi}}$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [4, с.12].

$$S_o = 0,08 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,081 \text{ мм/об}$$

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою:

$$V_{\text{розр}} = \frac{C_V \cdot D_{\phi}^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V \quad (1.18)$$

де C_V , q , x , y , u , p , m - табличні значення [3, таб.28 с.278];

K_V – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання;

B – ширина фрези, мм;

z – кількість зубців фрези.

Поправочний коефіцієнт розраховується за формулою:

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV} \quad (1.19)$$

де K_{mV} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість [3, таб.1 с.261];

K_{nV} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [3, таб.5 с.263];

K_{uV} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [3, таб.6 с.263].

$$K_V = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,3 = 0,29$$

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою:

$$V_{\text{розр}} = \frac{41 \cdot 200^{0,25}}{240^{0,2} \cdot 1,7^{0,1} \cdot 0,08^{0,4} \cdot 45^{0,15} \cdot 20^0} \cdot 0,29 = 70,7 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою:

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot d_{\text{фр}}} \quad (1.20)$$
$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 70,7}{\pi \cdot 200} = 112,5 \text{ хв}^{-1}$$

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

Фактична швидкість різання розраховується за формулою:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{фр}} \cdot n_{\text{пр}}}{1000} \quad (1.21)$$
$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 100}{1000} = 62,8 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{пр}} \quad (1.22)$$
$$S_{\text{хв}} = 0,08 \cdot 20 \cdot 100 = 160 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо хвилинну подачу за паспортним даними верстату
 $S_{\text{хв.пр}} = 125 \text{ мм/хв.}$

Розраховуємо дійсне значення подачі на зуб фрези за формулою:

$$S_{\text{хв}} = \frac{S_{\text{хв пр}}}{z \cdot n_{\text{пр}}} \quad (1.23)$$
$$S_{\text{хв}} = \frac{125}{20 \cdot 100} = 0,063 \text{ мм/зуб}$$

Значення тангенціальної сили різання приймаємо $P_z = 340 \text{ Н}$ [5, с.246].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} \quad (1.24)$$
$$N = \frac{340 \cdot 62,8}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужність головного руху за паспортом верстата
 $N_{\text{гл}} = 6 \text{ кВт.}$

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}}$$
$$0,35 \leq 6$$

Машинний час розраховуємо за формулою:

$$t_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{\text{хв пр}}} \cdot i \quad (1.25)$$

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

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

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою:

$$L_{\text{р.х}} = l_{\text{різ}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{вр}}(0,3D) \quad (1.26)$$

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

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

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

$$L_{\text{р.х}} = 172,8 + 3 + 0,3 \cdot 200 = 240 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{240}{125} \cdot 1 = 1,92 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.6.

Перехід 2 – центрування.

Згідно вихідних даних, обираємо ріжучий інструмент: спеціальне центрувальне зі швидкорізальної сталі Р6М5.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{d_{\text{св}}}{2} \quad (1.27)$$

де $d_{\text{св}}$ – діаметр свердла.

$$t = \frac{13,3}{2} = 6,65 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту назначаємо $T=45$ хв [3, таб.30, с.279];

Значення подачі приймаємо $S_z = 0,17$ мм/об [3, таб.34, с.283].

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою:

$$V_{\text{розр}} = \frac{3,5 \cdot 13,3^{0,5}}{45^{0,12} \cdot 0,17^{0,45}} \cdot 0,13 = 4,49 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.20):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 4,49}{\pi \cdot 13,3} = 107,4 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 105 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою(1.21):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot 13,3 \cdot 105}{1000} = 4,38 \text{ м/хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр}}=265,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$ [5, с.243].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою:

$$N_{\text{ф}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{пр}}}{9750} \quad (1.28)$$
$$N_{\text{ф}} = \frac{265,7 \cdot 105}{9750} = 2,86 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужність головного руху за паспортом верстата $N_{\text{гл}} = 8,8 \text{ кВт}$.

$$N_{\text{ф}} \leq N_{\text{гл}}$$
$$2,86 \leq 8,8$$

Машинний час розраховуємо за формулою:

$$t_0 = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n} \cdot i \quad (1.29)$$

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

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

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{p.x.} = 16 + 4 + 3 = 23 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.29)

$$t_0 = \frac{23}{0,17 \cdot 105} \cdot 1 = 1,25 \text{ хв}$$
$$t_{0\Sigma} = 1,92 + 1,25 = 3,17$$

Дані заносимо до таблиці 1.6.

Розрахунок режимів різання на операцію 025 – свердлильну (рис.1.10).

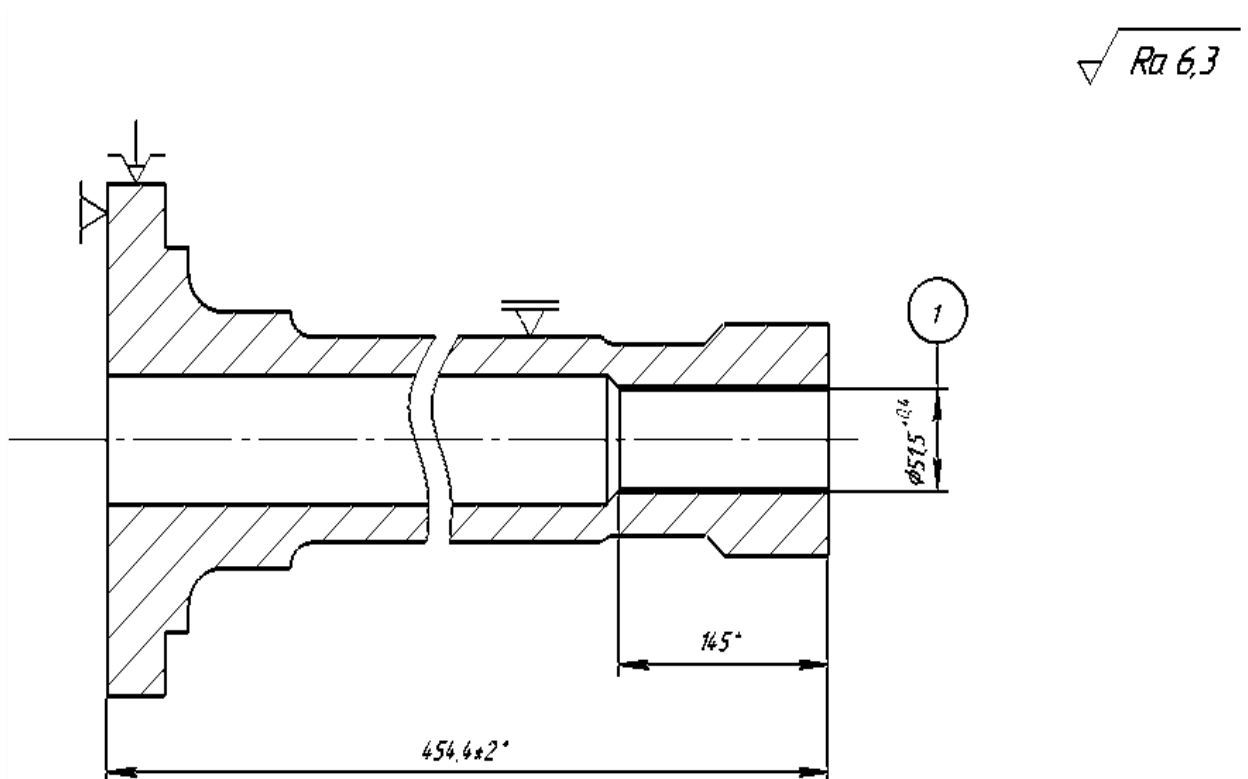


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки деталі “Вал турбіни компресора” на свердлильну 025 операцію. Верстат РТ601-04.

Згідно вихідних даних, обираємо ріжучий інструмент: свердло спіральне з конічним хвостовиком $\varnothing 51,5$ – зі швидкорізальної сталі Р6М5.

Визначаємо глибину різання за формулою (1.27):

$$t = \frac{51,5}{2} = 25,75 \text{ мм}$$

Стійкість інструменту назначаємо, $T=110$ хв [3, таб.30, с.279];
 Подача розраховується за формулою:

$$S_o = S_T \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.30)$$

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

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

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

$$S_o = 0,11 \cdot 1 \cdot 1 = 0,2 \text{ мм/об}$$

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою:

$$V_{\text{розр}} = V_T \cdot K_{1V} \cdot K_{2V} \cdot K_{3V} \cdot K_{4V} \cdot K_{5V} \cdot K_{6V} \cdot K_{7V} \cdot K_{8V} \quad (1.31)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, м/хв; [4, с.12]

K_{1V} – коефіцієнт, який залежить від твердості матеріалу, що обробляється, [4, с.12];

K_{2V} – коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту, [4, с.12];

K_{3V} – коефіцієнт, відношення фактичної стійкості до нормативної, [4, с.12];

K_{4V} – коефіцієнт, який залежить від довжини свердління [4, с.12];

K_{5V} – коефіцієнт, який залежить від подачі, [4, с.12];

K_{6V} – коефіцієнт, який залежить діаметру свердління, [4, с.12];

K_{7V} – коефіцієнт, який залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [4, с.12];

K_{8V} – коефіцієнт, який залежить від наявності СОТС, [4, с.12];

$$V_{\text{розр}} = 22,8 \cdot 0,55 \cdot 0,92 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,75 \cdot 1,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 76,03 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.20):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 76,03}{\pi \cdot 51,5} = 469,9 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 470 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 51,5 \cdot 470}{1000} = 76,04 \text{ м/хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр}}=166,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$, [5, с.243].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою(1.28):

$$N_{\phi} = \frac{166,7 \cdot 320}{9750} = 5,47 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужністю головного руху за паспортом верстата $N_{\text{гл}} = 18,5 \text{ кВт}$

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}} \\ 5,47 \leq 18,5$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою:

$$L_{\text{р.х}} = 145 + 18 + 18 = 181 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.26):

$$t_0 = \frac{181}{0,11 \cdot 320} \cdot 1 = 5,21 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.6.

Розрахунок режимів різання на операцію 035 (рис. 1.11).

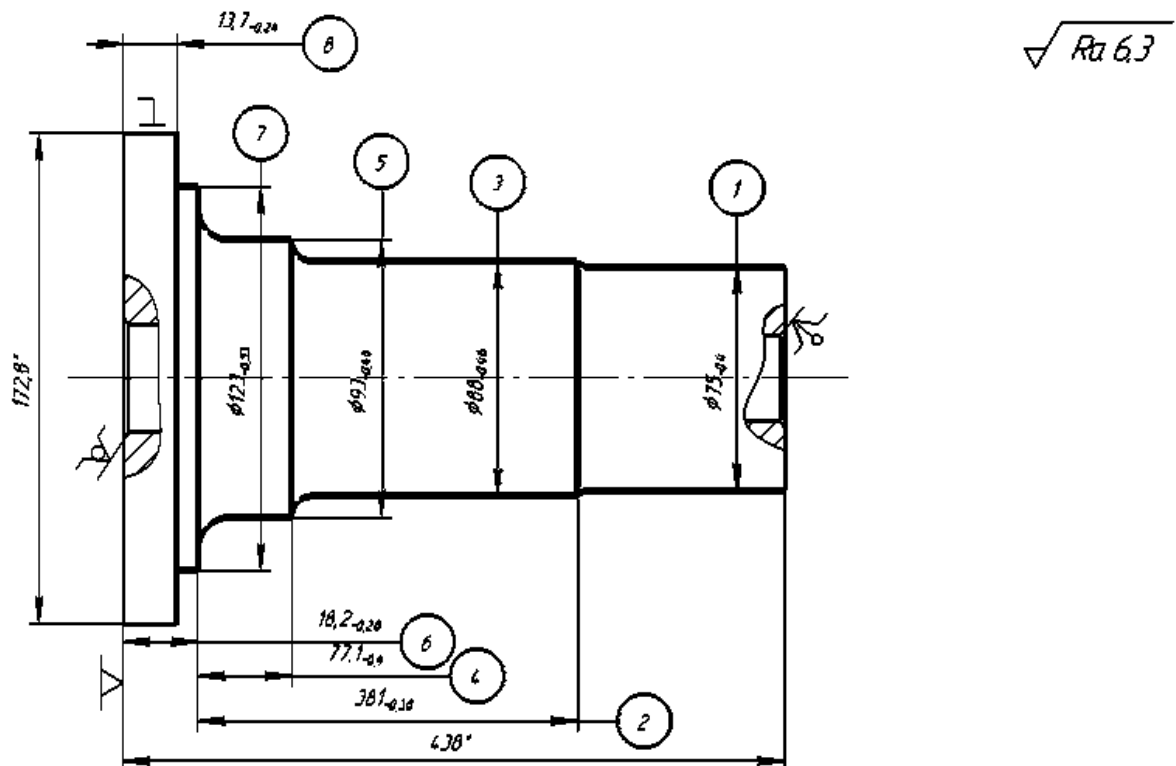


Рисунок 1.11 – Ескіз обробки деталі “Вал турбіни компресора” на операцію 035 токарну з ЧПУ. Верстат 1Б732Ф3.

Згідно вихідних даних, обираємо різець токарний підрізний відігнутий – із твердого сплаву Т15К6 ГОСТ 18877-83, [3, таб.40, с.137].

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

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{77 - 75}{2} = 1 \text{ мм} \\ t_2 &= \frac{383 - 381}{2} = 1 \text{ мм} \\ t_3 &= \frac{90 - 88}{2} = 1 \text{ мм} \\ t_4 &= \frac{79 - 77,1}{2} = 0,95 \text{ мм} \\ t_5 &= \frac{95 - 93}{2} = 1 \text{ мм} \\ t_6 &= \frac{21 - 18,5}{2} = 1,25 \text{ мм} \\ t_7 &= \frac{125 - 123}{2} = 1 \text{ мм} \\ t_8 &= \frac{16 - 13,7}{2} = 1,15 \text{ мм} \end{aligned}$$

Величина глибини різання для всіх переходів майже однакова, та входить в діапазон меж, тому визначаємо інші режими різання для $t = 1$ мм.

Стійкість інструменту назначаємо $T = 60$ хв [4, с.12].

Подача розраховується за формулою (1.30):

$$S_o = 0,8 \cdot 1,26 \cdot 0,95 = 1,43 \text{ мм/об}$$

Розрахункова швидкість різання розраховується за формулою (1.31):

$$V_{\text{розр}} = 55,2 \cdot 0,65 \cdot 0,92 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,75 \cdot 1,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90,75 \text{ м/хв}$$

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.20):

$$\begin{aligned} n_{\text{розр1}} &= \frac{1000 \cdot 90,75}{\pi \cdot 88} = 328,25 \text{ хв}^{-1} \\ n_{\text{розр2}} &= \frac{1000 \cdot 90,75}{\pi \cdot 172,8} = 167,17 \text{ хв}^{-1} \end{aligned}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр1}} = 325 \text{ хв}^{-1}$, $n_{\text{пр1}} = 160 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\phi_1} = \frac{\pi \cdot 88 \cdot 325}{1000} = 89,8 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi_2} = \frac{\pi \cdot 172,8 \cdot 160}{1000} = 86,85 \text{ хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{кр}=147 \text{ Н} \cdot \text{м}$ [5, с.243];

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.28):

$$N_{\phi} = \frac{147 \cdot 170}{9750} = 2,56 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужність головного руху за паспортом верстата $N_{гл} = 9 \text{ кВт}$.

$$\begin{aligned} N_{\phi} &\leq N_{гл} \\ 2,56 &\leq 9 \end{aligned}$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{p.x1} = 2 + 419,2 = 421,2 \text{ мм}$$

$$L_{p.x2} = 2 + 4,2 = 6,2 \text{ мм}$$

$$L_{p.x3} = 2 + 15 + 2 = 19 \text{ мм}$$

$$L_{p.x4} = 2 + 24,9 + 2 = 28,9 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.29):

$$t_{01} = \frac{421}{1,43 \cdot 123} \cdot 3 = 17,2 \text{ хв}$$

$$t_{02} = \frac{6,2}{1,43 \cdot 123} \cdot 1 = 0,035 \text{ хв}$$

$$t_{03} = \frac{15}{1,43 \cdot 123} \cdot 1 = 0,085 \text{ хв}$$

$$t_{04} = \frac{24,9}{1,43 \cdot 93} \cdot 1 = 0,19 \text{ хв}$$

$$t_{0\Sigma} = 17,2 + 0,035 + 0,085 + 0,19 = 17,51 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.6.

Розрахунок режимів різання на операцію 095 – шліфувальну (рис.1.12).

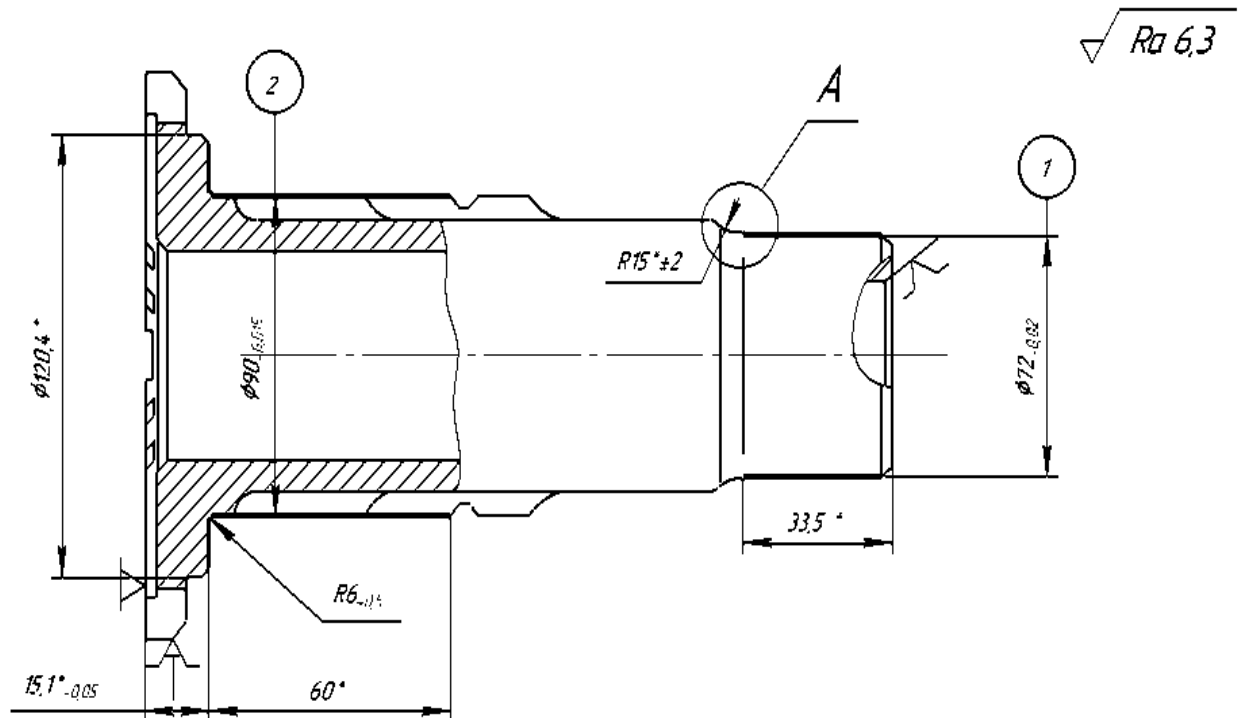


Рисунок 1.12 – Ескіз обробки деталі “Вал турбіни компресора” на операцію 095 шліфувальну. Верстат 3Б161.

Згідно вихідних даних, обираємо шліфувальний круг 64С 1 250×40×76 F46 см, ГОСТ 2424-83.

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

$$t_1 = \frac{90,4 - 90}{2} = 0,2 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{72,4 - 72}{2} = 0,2 \text{ мм}$$

Величина глибини різання для двох переходів однакова, та входить в діапазон меж, тому визначаємо інші режими різання для $t = 0,2$ мм.

Подача приймаємо $S_o = 0,5$ мм/об [3, таб.55 с.301].

Табличне значення швидкості обертання деталі та шліфувального круга приймаємо $V_{\text{дет}} = 20$ м/хв, $V_{\text{кр}} = 25$ м/с [3, таб.55 с.301].

Швидкість обертів шпинделя розраховується за формулою (1.20):

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 120,4} = 52,87 \text{ хв}^{-1}$$

Швидкість обертів шліфувального круга розраховується за формулою:

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

$$n_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot 25 \cdot 60}{\pi \cdot 250} = 1909,85 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнята за паспортом верстата швидкість обертів: $n_{\text{дет}} = 50 \text{ хв}^{-1}$,
 $n_{\text{кр}} = 1900 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання розраховується за формулою (1.21):

$$V_{\phi_{\text{кр}}} = \frac{\pi \cdot 250 \cdot 1900}{1000 \cdot 60} = 24,8 \text{ хв}$$

$$V_{\phi_{\text{дет}}} = \frac{\pi \cdot 120,4 \cdot 50}{1000} = 18,9 \text{ хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр}} = 147 \text{ Н} \cdot \text{м}$ [5, с.243].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.28):

$$N_{\phi} = \frac{147 \cdot 170}{9750} = 2,56 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужність головного руху за паспортом верстата
 $N_{\text{гл}} = 9 \text{ кВт}$.

$$N_{\phi} \leq N_{\text{гл}}$$

$$2,56 \leq 9$$

Довжина робочого ходу інструменту розраховується за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х}} = 3 + 97,5 + 0 = 100,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.29):

$$t_0 = \frac{100,5}{0,5 \cdot 90} \cdot 2 = 4,46 \text{ хв}$$

Дані заносимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок режимів різання за операціями.

№ оп	Найменування переходу	Зміст переходів	Обладнання	t, мм	Режими різання			T ₀ , /оа хв
					n, ^(кр/дет) хв ⁻¹	S, мм/об	V, ^(кр/дет) м/хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати пов.1	Фрезерно-центрувальний МР75М	1,7	100	0,081	62,8	1,92
		Свердлити пов.1, 2		6,65	105	0,17	4,38	1,25
T ₀								3,17
025	Свердлильна	Свердлити пов.1	Свердлильний РТ601-04	25,75	470	0,11	76,04	5,21
T ₀								5,21
035	Токарна з ЧПУ	Обробити пов. 1, 2, 3 згідно програми	Токарний з ЧПУ 1Б732Ф3	1	325	1,43	24,8	17,2
		Обробити пов. 4,5 згідно програми					0,035	
		Обробити пов. 6,7 згідно програми			160		18,9	0,085
		Обробити пов.8 згідно програми						0,19
T ₀								17,51
095	Шліфувальна	Шліфувати поверхні	Кругло-шліфувальний 3Б161	0,2	1900/50	0,5	24,8/18,9	4,46
T ₀								4,46

1.7 Технічне нормування операцій

Нормування фрезерно-центрувальної операції 010.

Допоміжний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_v + t_{\text{зн}} + t_{\text{впр}} + t_{\text{б.п}} + t_{\text{б.в}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{щ}} + t_{\text{кор}} + t_{\text{контр}} \quad (1.33)$$

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

$t_{\text{впр}}$ – час керування верстатом, розраховується за формулою, хв (1.34);

$t_{\text{б.п}}$, $t_{\text{б.в}}$ – час на швидкий підвід та відвід інструменту, хв [5, таб.5.8 с.203];

$t_{\text{зм}}$ – час необхідний для зміни інструменту, повороту револьверної голівки, зміни позицій шпинделя, зміни копіїв, хв [5, таб.5.17 с.209];

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

$t_{\text{кор}}$ – час на розрахунок корекції верстатів з ЧПУ, хв [5, таб.5.17 с.209];

$t_{\text{контр}}$ – час необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі, хв [5, таб.5.10 с.206].

$$t_{\text{впр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{перекл}} \quad (1.34)$$

де $t_{\text{вкл}}$, $t_{\text{викл}}$ – час на включення та виключення верстату, хв [5, таб.5.8 с.202];

$t_{\text{перекл}}$ – час необхідний для переключення режимів верстату, хв [5, таб.5.9 с.203].

$$t_{\text{упр}} = 0,005 + 0,008 + 0,006 = 0,019 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,019 + 0,175 + 0,087 + 0,125 + 0,12 + 0,34 + 0,095 + 0,293 = 1,134 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} t_{\text{оп}} &= t_o + t_{\text{доп}} \\ t_{\text{оп}} &= 3,17 + 1,134 = 4,304 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.35)$$

Прибавочний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{пр}} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{\text{оп}} \quad (1.36)$$

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

$$t_{\text{пр}} = 6,5\% \cdot 4,304 = 0,279 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} t_{\text{шт}} &= t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} \\ t_{\text{шт}} &= 4,304 + 0,279 = 4,58 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.37)$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.38)$$

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{пз}} / n \quad (1.39)$$

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

$$t_{\text{пз}} = 7 + 4 + 7 = 26 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 4,58 + 26/60 = 5,01 \text{ хв}$$

Нормування свердлильної операції 025.

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,017 + 0,075 + 0,087 + 0,095 + 0,12 + 0,24 + 0,08 + 0,293 = 1,01 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.34):

$$t_{\text{упр}} = 0,005 + 0,006 + 0,006 = 0,017 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{оп}} = 5,21 + 1,01 = 6,22 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{пр}} = 8\% \cdot 6,22 = 0,497 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 6,22 + 0,497 = 6,72 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.38), (1.39):

$$t_{\text{пз}} = 5 + 4 + 9 = 18 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 6,72 + 18/60 = 7,02 \text{ хв}$$

Нормування операції токарної з ЧПУ 035

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,21 + 0,113 + 0,15 + 0,398 + 0,24 + 0,856 + 0,368 + 0,485 = 2,82 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.34):

$$t_{\text{упр}} = 0,012 + 0,095 + 0,006 = 0,113 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{оп}} = 17,51 + 2,82 = 20,33 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{пр}} = 12\% \cdot 20,33 = 2,44 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 20,33 + 2,44 = 22,77 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.38), (1.39):

$$t_{пз} = 10+9+7 = 26 \text{ хв}$$

$$t_{шт-к} = 22,77+26/60 = 23,2 \text{ хв}$$

Нормування шліфувальної операції 095.
Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{доп} = 0,16+0,12+0,008+0,32+0,24+0,156+0,146+0,1=1,33 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.34):

$$t_{упр} = 0,007+0,095+0,018=0,12 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{оп} = 4,46+1,33=5,79 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{пр} = 5,5\% \cdot 5,79 = 0,32 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.37):

$$t_{шт} = 5,79 + 0,32 = 6,11 \text{ хв}$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.38), (1.39):

$$t_{пз} = 9+0+9 = 18 \text{ хв}$$

$$t_{шт-к} = 6,11+18/60 = 6,41 \text{ хв}$$

Таблиця 1.7 – Нормативи часу.

№ Оп.	Найменування операції	T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	Величина партії, шт.	T _{шт.к.} , хв.
1	2	3	4	5	6
007	Відрізна	5,04	18	60	5,34
010	Фрезерно-центрувальна	4,58	26		5,01
015	Токарно-копіювальна	49,83	32		50,37
020	Токарно-гвинторізна	23,63	24		24,03
025	Свердлильна	6,72	18		7,02
035	Токарна з ЧПК	22,77	26		23,2
040	Токарна	16,36	24		16,76
045	Токарна	3,77	24		4,17
050	Токарна	11,55	21		11,9

Продовження таблиці 1.7

055	Токарна	18,37	21		18,72
060	Протяжна	5,43	18		5,73
065	Токарна	3,78	21		4,13
070	Горизонтально-фрезерна	10,12	28		10,59
075	Горизонтально-фрезерна	4,03	21		4,38
080	Горизонтально-фрезерна	2,3	21		2,65
085	Горизонтально-фрезерна	5,13	21		5,48
095	Шліфувальна	6,11	18		6,41
100	Шліфувальна	4,5	21		4,85
105	Різьбофрезерна	2,7	18		3
110	Розточувальна	6,3	24		6,7
115	Шліфувальна	4,85	28		5,32
120	Токарна	1,51	18		1,81
130	Свердлильна	2,79	28		3,26
135	Шліфувальна	1,5	21		1,85
145	Шліфувальна	1,85	21		2,2
150	Свердлильна	1,5	24		1,9
Всього:		218,02	—	—	236,78

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ

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

Програма NX відноситься до «важким» систем автоматизованого проектування та характеризується великими функціональними можливостями, високою продуктивністю і стабільністю роботи. Програма NX підтримує розробку та виготовлення виробу на всіх етапах життєвого циклу - від створення тривимірних моделей деталей і креслень до формування програми для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК.

1.8.1 Розробка токарної операції 035

Вид траєкторії інструменту та вид інструменту в процесі обробки зображено на рисунках 1.13-1.15.

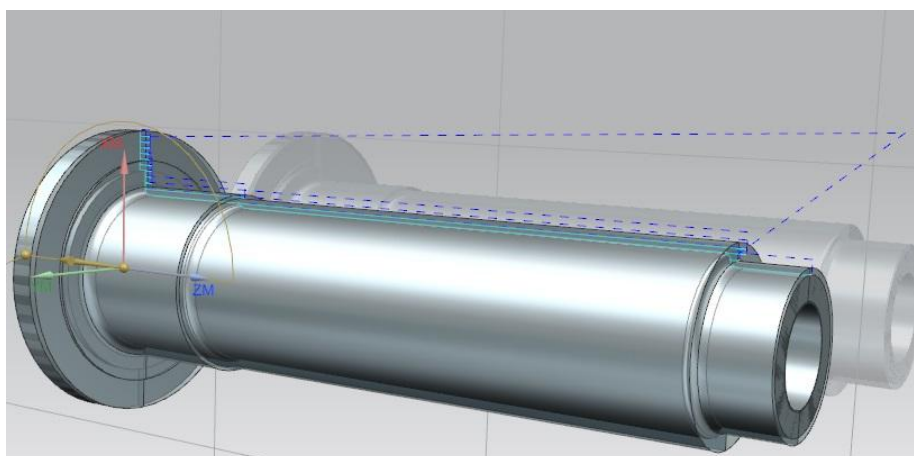


Рисунок 1.13 – Траєкторія руху різця.

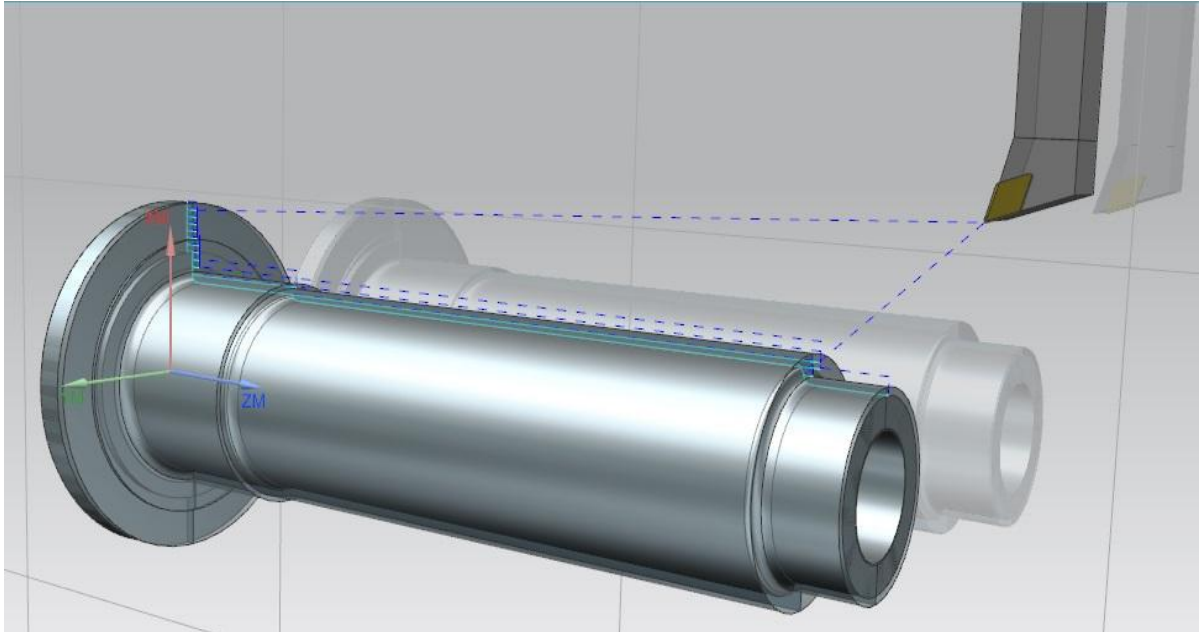


Рисунок 1.14 – Ескіз виду інструменту на початку обробки.

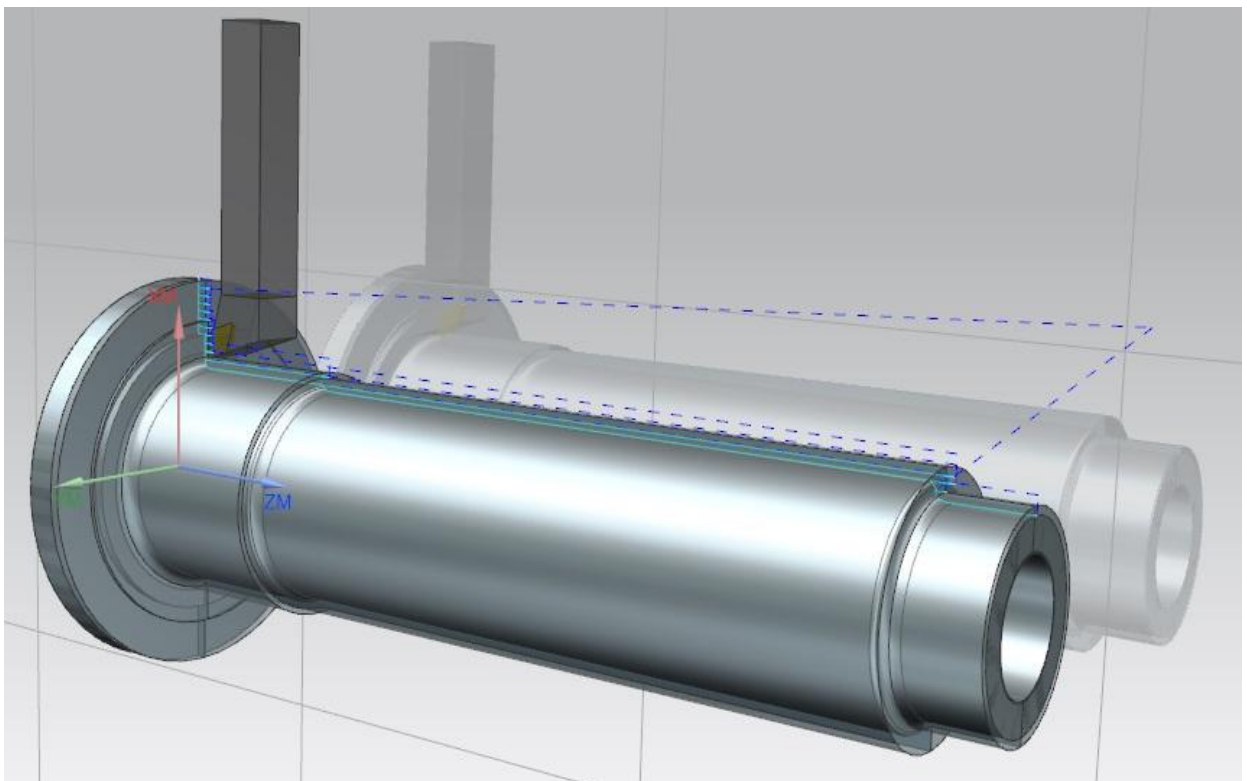


Рисунок 1.15 – Ескіз виду інструменту в процесі обробки.

1.8.2 Розробка свердильної операції 025

Вид траєкторії інструменту та вид інструменту в процесі обробки зображено на рис. 1.16, 1.17.

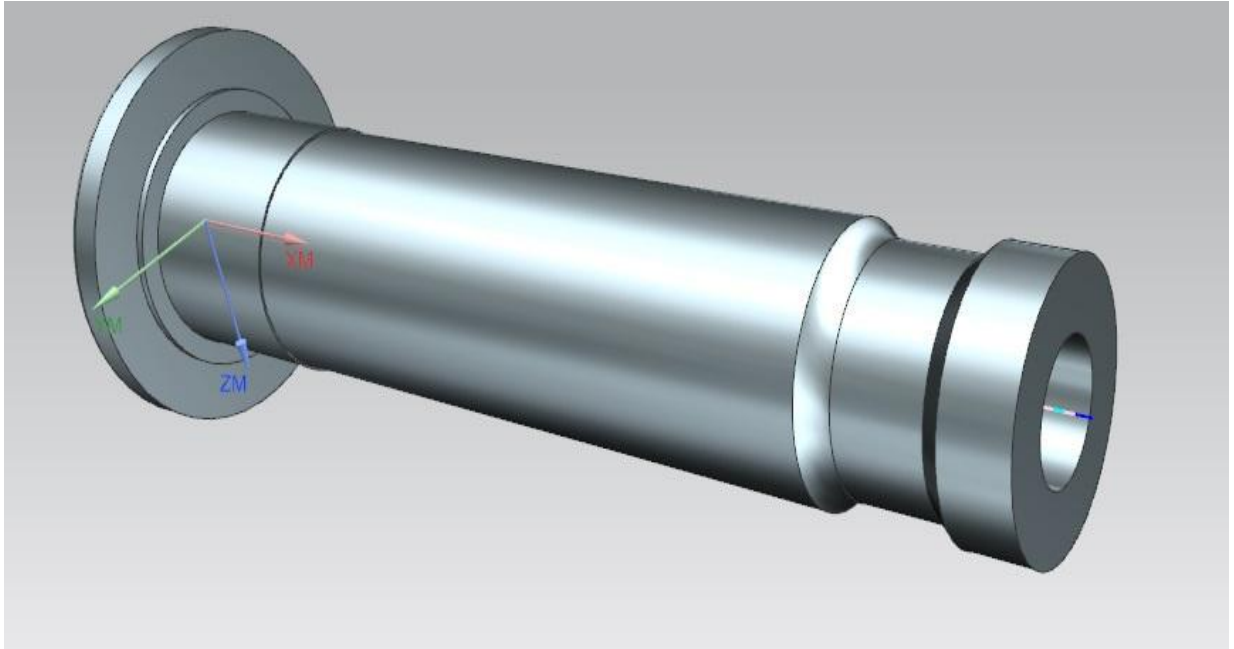


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху свердла.

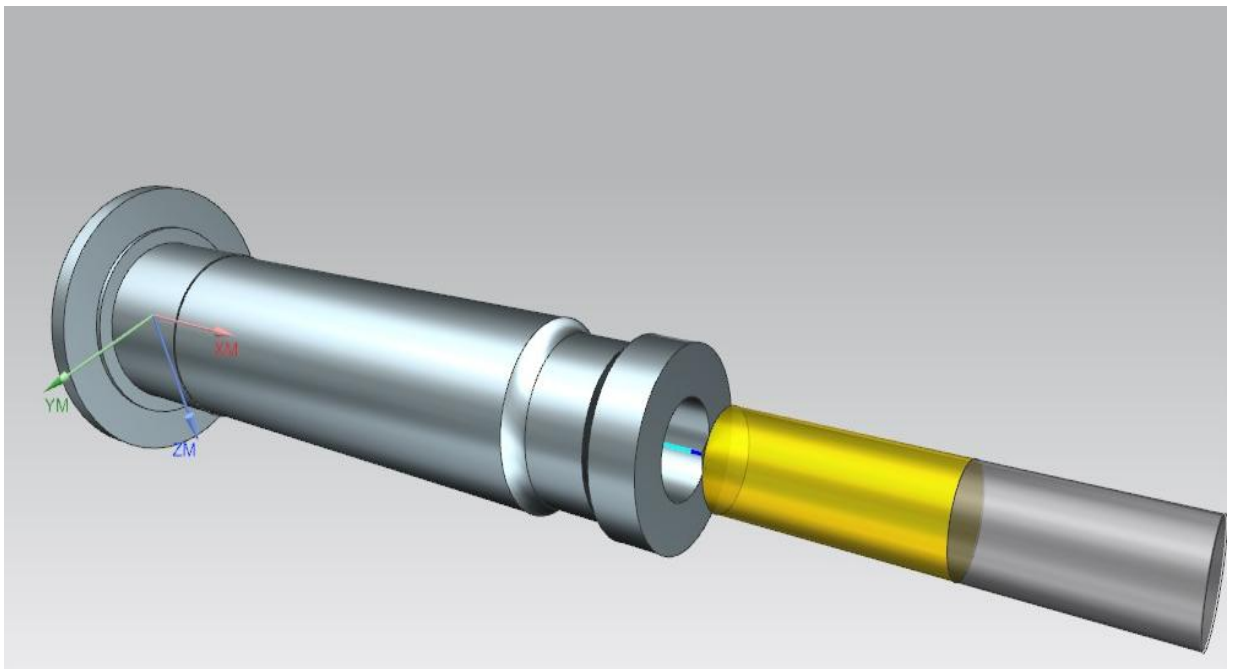


Рисунок 1.17 – Ескіз виду інструменту на початку обробки.

1.8.3 Розробка фрезерної операції 080

Вид траєкторії інструменту та вид інструменту в процесі обробки зображено на рис. 1.18- 1.20.

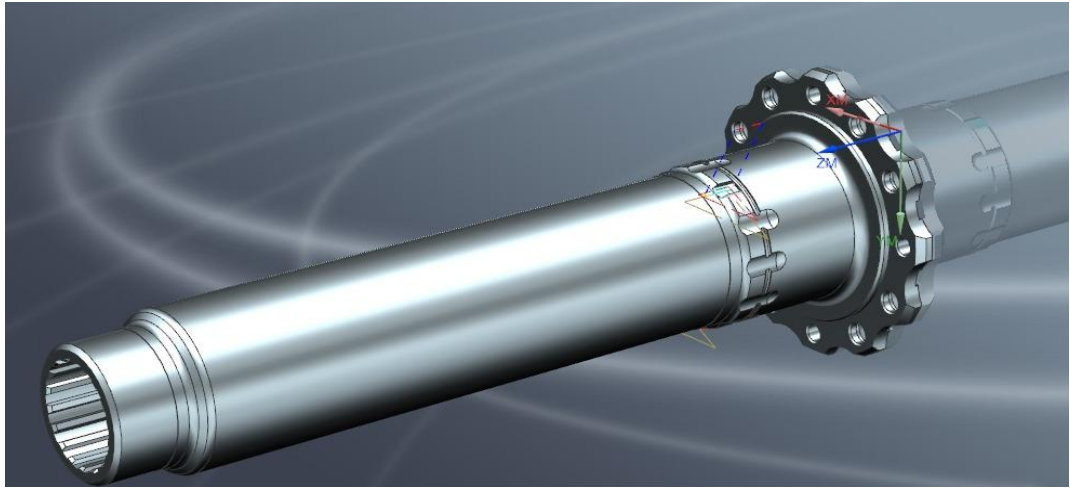


Рисунок 1.18 – Траєкторія руху фрези.

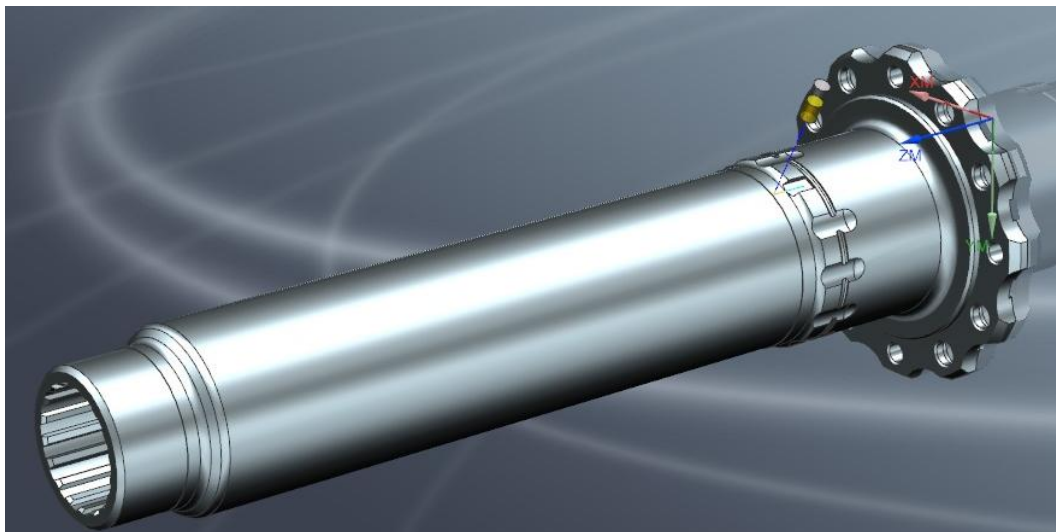


Рисунок 1.19 – Ескіз виду інструменту на початку обробки.

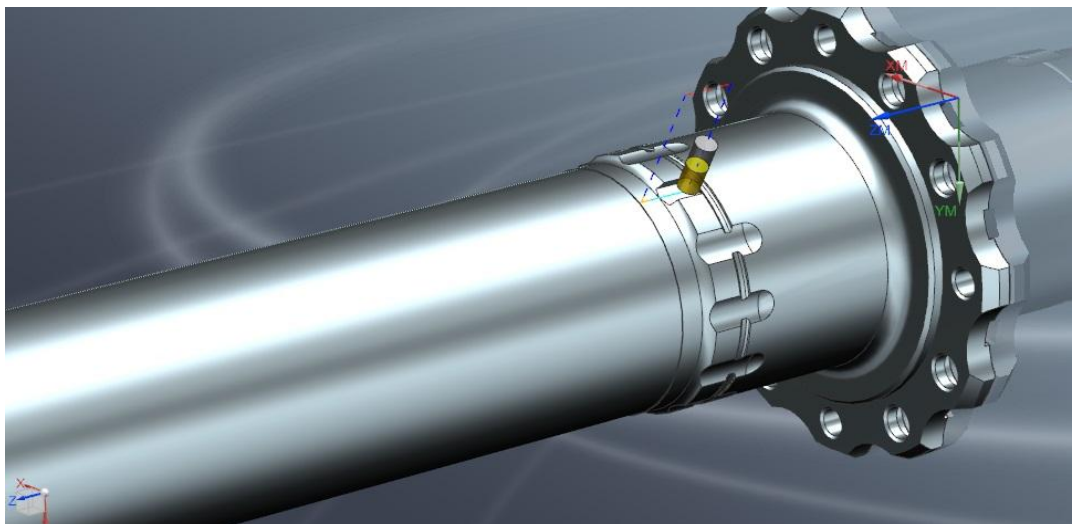


Рисунок 1.20 – Ескіз виду інструменту в процесі обробки.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристрою

Одним із елементів пристрою є затискний елемент, який призначений для закріплення деталі в пристрої на верстаті в процесі обробки.

До затискних елементів виявляють такі вимоги:

- повинні забезпечувати точність встановлення деталі згідно технічним вимогам креслення;
- забезпечувати жорстке встановлення і закріплення деталі в момент різання;
- бути надійними і зручними в експлуатації;
- по можливості бути швидкодіючими.

Затискні елементи діляться на: гвинтові, клинові, важільні, плунжерні, ексцентрикові, комбіновані.

Принцип роботи затискного пристрою: пристрій призначений для конкретної операції – фрезерно-центрувальної. Деталь затискається за допомогою пневмоциліндра.

Переваги пневмоприводів:

- при відносно невеликих габаритах розвивають достатнє зусилля затиску;
- зручні, надійні в експлуатації;
- екологічно чисті;
- недорого коштують.

Недоліки:

- не довговічні;
- не забезпечують плавність ходу;
- гучні.

В даному пристрої рух передається поршню, затиск відбувається при подачі повітря в штокову порожнину пневмоциліндра.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Затиск деталі в пристосуванні відбувається при подачі повітря в штокову порожнину пневмоциліндра. Таким чином повітря тисне на поршень пневмоциліндра, який в свою чергу переміщується вниз разом зі штоком 11. Шток тягне за собою важіль поз.2, який притискає деталь до накладок поз.17 на призмі поз.7. Таким чином відбувається закріплення деталі в пристосуванні.

Розкріплення відбувається коли повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра, це дає змогу поршню пневмоциліндра разом зі штоком поз.11 піднятися вгору. Відповідно важіль поз.2 підіймається, тим самим вивільнює деталь.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибку установки заготовки в пристосування розраховуємо за формулою

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

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

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

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

Визначаємо похибку базування $\mathcal{E}_\delta = T_{dl} = 0,63$ мм.

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

$$\mathcal{E}_y = 0,63 + 0,12 = 0,75 \text{ мм}$$

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

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Дійсна сила затиску розраховується за формулою:

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

де W – сила затиску;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Коефіцієнт запасу закріплення розраховується за формулою:

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

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу [7, с.100];

k_1 – враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці [7, с.100];

k_2 – враховується у всіх випадках обробки та залежить від виду обробки, обробляемого матеріалу та нерівномірного зносу ріжучого інструменту [7, таб. 6.1 с.101];

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки [7, с.100];

k_4 – характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сил затиску [7, с.100];

k_5 – характеризує ручні затиски з точки зору зручності закріплення деталі [7, с.100];

k_6 – враховується у тому випадку, коли розрахунок сил затиску робиться з урахуванням моментів сил різання та залежить від виду опорної поверхні пристосування [7, с.100].

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,34$$

Сила затиску розраховується за формулою:

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

де P_z - значення тангенціальної сили різання;

f – коефіцієнт тертя спокою;

α – кут призми.

$$W = \frac{340}{0,25 \sin \frac{90}{2}} = 1923,3 \text{ Н}$$

Розраховуємо дійсну силу затиску за формулою (2.2)

$$W_d = 2,34 \cdot 1923,3 = 4500,5 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою:

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

де Q – сила затиску;

p – тиск в пневмосистемі;

η – коефіцієнт корисної дії.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4500,5}{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,9}} = 112,84 \text{ мм}$$

Приймаємо найближчий діаметр пневмоциліндру, із ряду стандартних $D=125$ мм. Відповідно до діаметру циліндра вибираємо діаметр штоку $d=30$ мм [7, таб.7.3 с.139].

Економічний ефект від впровадження даного пристосування

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

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

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

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

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

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

L – штучна заробітна плата, грн.;

z – цехові накладні на заробітну плату, %;

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

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

i – срок амортизації пристосувань, в роках;

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

Штучна заробітна плата при обробці однієї деталі розраховується за формулою:

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

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

p – хвилинна тарифна ставка робітника, грн.

$$L_a = 2,3 \cdot 20 = 46 \text{ грн.}$$

$$L_b = 2,3 \cdot 22 = 50,6 \text{ грн.}$$

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

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

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

C_n – питома собівартість виготовлення однієї деталі пристосування, грн.

$$S_a = 18 \cdot 3 = 54 \text{ грн.}$$

$$S_b = 8 \cdot 2 = 16 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від впровадження даного пристосування розраховується за формулою:

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

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

$$C_a = 46(1+400/100)+54/3000(1/4+15/100) = 230 \text{ грн.}$$

$$C_b = 50,6(1+400/100)+16/3000(1/3+15/100) = 253 \text{ грн.}$$

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

$$E = (253 - 230) \cdot 3000 = 69000 \text{ грн.}$$

2.3 Проектування контрольного пристосування

Необхідно провести розрахунки на точність контрольного пристосування (рис. 2.1). Пристосування використовується для перевірки биття двох циліндричних поверхонь одна щодо одної, що за кресленням деталі не повинно перевищувати 0,03 мм. Та перевірки площинності не перевищуючи 0,003 мм.

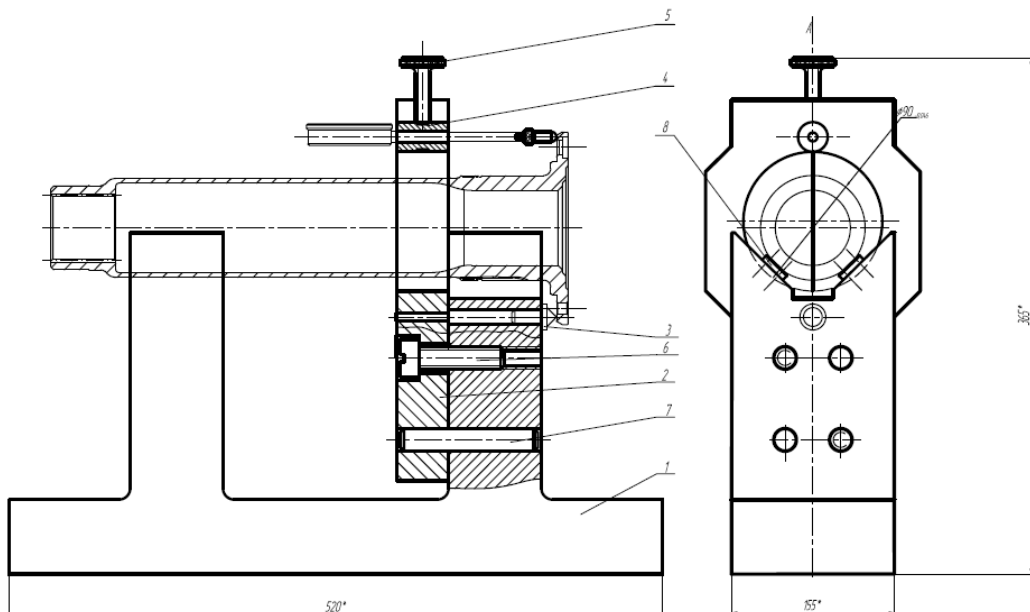


Рисунок 2.1 – Пристосування для контролю биття та площинності.

1 – корпус, 2 – планка, 3 – підпора, 4 – втулка, 5 – гвинт М4×16,
6 – гвинт М6×20, 7 – штифт, 8 – накладки.

Деталь кладеться на призму корпусу поз.1. Наконечник індикаторного годинника підводиться до торця, значення індикаторного годинника виставляється в нульове положення. Деталь повертається у призмі, значення биття фіксуємо по показникам індикаторного годинника. Ціна ділення індикаторного годинника 0,005 мм. При необхідності виміру площинності використовуємо підпору 3.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання $[\varepsilon_{\text{вим}}]$ для даного пристосування за вказаним контрольованим параметром - радіальне биття з допуском 0,03 мм. На основі [8,табл.3.1, стр.129] приймаємо $[\varepsilon_{\text{вим}}]=0,005$ мм. Визначаємо фактичну похибку вимірювань для даного контрольного пристосування, яка повинна бути менше або рівнятися допустимій похибці за формулою:

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

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

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

$\varepsilon_{\text{інш}}$ – 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 (в даному випадку - втулка) не впливає на процес виміру, тому складова $\varepsilon_{\text{иу}}$ виключається.

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

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

У конструкції пристосування відсутні затискні елементи, передавальні елементи, і не використовується еталони, отже виключаємо похибки $\varepsilon_{им}$, ε_3 , $\varepsilon_{ип}$.

Кінцевою приймаємо таку розрахункову формулу:

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

Засобом виміру в даному пристосуванні індикатор годинникового типу ИЧ1 з ціною поділки 0,005 мм і діапазоном вимірювання 0-1мм. [8, табл. 3.3, стор 148] похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{си}=0,0037$ мм.

Інші похибки визначаємо як частину допуску неконтролюемого параметру

$$\begin{aligned} \varepsilon_{інш} &= 0,03 \cdot 0,05 = 0,0015 \text{ мм}; \\ \varepsilon_{вим} &= \sqrt{(0,0037^2 + 0,0015^2)} = 0,0039 \text{ мм} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \varepsilon_{вим} &\leq [\varepsilon_{вим}] \\ 0,0039 &\leq 0,005 \end{aligned}$$

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

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

РОБОТИЗОВАНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕНТГЕНІВСЬКОЇ ДИФРАКЦІЇ

Дробоструменева обробка є широко використовуваним процесом для отримання напружень стиску на поверхні заготовки, що робить його більш міцним. Подібно до багатьох виробничих процесів, дробоструменева обробка також вимагає контролю якості, враховуючи точні значення напружень. Загальноприйнятою методикою вимірювання залишкових напружень оброблюваних деталей є рентгенівська дифракція.

«Stresstech» має більш ніж 30-річний досвід у контролі неруйнівного процесу та перевірці якості. «Stresstech» включає в себе аналізатори напружень, що використовують технологію шуму Баркгаузена та рентгенівську дифракцію. Слідкуючи за новими технологіями та виробництвом, лінія включає багато автоматизованих засобів вимірювання та використання промислових роботів. Промислові роботи можуть бути використані при вимірюванні залишкових напружень заготовок зі складною формою і широкими поверхнями, створюючи гнучкий процес вимірювання за допомогою автоматизації. Роботизовані рентгенівські вимірювальні прилади «Stresstech» відомі як «Xstress Robot».

3.1 Визначення залишкового напруження з даних рентгенівської дифракції

Рентгенівські випромінювання є хвилями електромагнітного випромінювання, що мають більш коротку хвилю, тобто більше енергії, ніж видиме світло. Короткохвильові рентгенівські промені добре підходять для зондування міжатомних відстаней в матеріалах. Використовуючи міжатомний інтервал як кінцеву довжину калібру, рентгенівська ідеально підходить для всіх кристалічних матеріалів, особливо для металів, а також для кераміки. Вона вимірює абсолютне напруження без необхідності еталонного зразка з нульовими напруженнями для калібрування.

Матеріали, що мають структуру періодичної кристалічної решітки, можуть бути описані з так званими одиничними осередками, яка є найменшою об'ємною клітиною, що містить інформацію для уточнення кристалічної структури різних матеріалів. Структура решітки формується шляхом з'єднання точок, де розташовані атоми. Найбільш поширеною системою координат, що використовується для опису цих одиничних осередків, є індексне позначення Міллера.

Найбільш поширеним джерелом рентгенівського випромінювання є рентгенівська трубка, де електрони бомбардують металевий анод. Термоелектрони утворюються при нагріванні вольфрамової нитки, що діє як катод. Електрони прискорюються з високою напругою (25 кВ до 60 кВ), що

дає їм достатньо енергії для видалення електронів з цільових атомів металу, залишаючи отвір в оболонці ядра. Коли зовнішня оболонка електрона заповнює цей отвір, випромінюється характерне випромінювання, специфічне для матеріалу анода. Це майже однотонне випромінювання використовується в рентгенівських дифракційних експериментах. Окрім характерного випромінювання, через гальмування електронів випромінюються також широкосмугові гальмівні рентгенівські промені.

Залежно від дифракційних даних визначають залишкові напруження, обчислюючи деформацію від положення дифракційних піків. Напруження, що діє на вимірюваний матеріал, змінює відстань між площинами решітки, яку вимірюють. На практиці металевий порошок без напружень вимірюється спочатку для калібрування пристрою для певного матеріалу. Під час калібрування детектори розміщуються до відомого кута дифракції порошку і встановлюється кутова шкала. Напруження обчислюється шляхом вимірювання відстані ґратки з кількома кутами нахилу.

Рентгенівська дифракція є неруйнівним і доцільним методом вимірювання залишкових напружень. Площа відкритої ділянки впливає на час вимірювання, а використання більшого коліматора зменшує необхідний час для проведення вимірювань.

3.2 Використання роботів

Система промислового робота складається з робототехнічної руки, що має кілька осей, які контролюються роботом-контролером. Контролер також може керувати зовнішніми осьовими і обертовими блоками, які можуть бути використані для маніпулювання заготівкою. Важливою частиною застосування робота є інструмент, прикріплений до фланця робота, яким робот виконує своє завдання. Інструмент може бути практично будь-яким: захват, зварювальний дріт, дозатор клею і тощо. Роботизована система зазвичай має периферійні пристрої вводу-виводу, які можуть працювати і контролюватися від робота-контролера. Однією з ключових особливостей є те, що робота можна перепрограмувати.

Система «Xstress Robot» - це ключове рішення для вимірювання залишкових напружень. Вона використовує промислового робота як кутомір, що забезпечує більшу гнучкість і автоматизацію процесів вимірювання (рис. 3.1). Система «Xstress Robot» складається з промислового робота, що включає в себе робот-контролера, рентгенівську трубку і коліматори, головний блок X3003 і комп'ютер з програмним забезпеченням «XTronic». Як варіант, «Xstress Robot» може використовувати мінітрубку замість стандартної рентгенівської трубки G3 для доступу до менших просторів (рис. 3.2).

Найбільшою перевагою використання «Xstress Robot» з промисловим роботом в рентгенівському вимірі є його здатність переміщати вимірювальну

головку G3 в інший важкодоступний простір для створення точних вимірювань. Широка робоча зона забезпечує «Xstress Robot» засобами для вимірювання великих і складних частин, що виключає необхідність переміщення частини між вимірами.



Рисунок 3.1 – Вимірювання залишкових напружень на деталі зі складною формою.



Рисунок 3.2 – Мінітрубка в обмеженому просторі.

Крім того, процес вимірювання є автоматичним через особливості відображення точок вимірювання в «XTronic». «Xstress Robot» є гнучким і може досягати складних важкодоступних місць, що було б неможливим зі стандартним кутоміром. Робот може легко ввести вимірювальну головку всередину труби для вимірювання напружень, наприклад, зварного шва труби, як показано на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Робот «Xstress» вимірює всередині циліндра.

Зовнішня вісь може бути включена в систему для повороту таких компонентів, як колінчаті вали під час процесу вимірювання, що надає роботіві ще більш доступне місце для вимірювань. За допомогою обертової осі система «Xstress Robot» може отримати доступ, наприклад, до кожної сторони вала. Обертові пристрої є відмінним набором у високоавтоматизованих додатках (рис. 3.4).

3.3 Особливості використанні

Робот «Xstress» «Stresstech» був розроблений з урахуванням кінцевого користувача. Більшість робіт виконується за допомогою програмного забезпечення «XTronic», яке керує роботом і обчислює залишкові напруження. При звичайній роботі кутомір G3, прикріплений до плеча робота, спочатку вручну розміщується на позиціях вимірювання. Позиції відображаються на програму вимірювання, яка потім виконується з програмного забезпечення «XTronic». Під час вимірювальної програми робот

переміщує кутомір G3 до позиції вимірювання і вимірює оброблювану деталь на основі параметрів, визначених у «XTronic». Залишкові напруження обчислюються в реальному часі, а дані відображаються за допомогою «XTronic» у графіках. Кінцевому користувачеві не потрібно витрачати час на обробку даних, оскільки результати вимірювання можуть бути прочитані миттєво з «XTronic» у зручній для користувача формі.

«XTronic» пропонує різноманітні функції для підтримки роботи кутоміра «Xstress Robot». Робот можна переміщати до запрограмованих позицій за допомогою «XTronic» замість використання підвіски робота. Це допомагає перевірити точки вимірювання. Крім того, «XTronic» має функції для вирівнювання рентгенівської трубки для досягнення більш точних результатів вимірювань. В той час, як у стандартному кутомірі вирівнювання необхідно проводити вручну, робот вирівнюється шляхом зміни даних інструменту з «XTronic», після чого робот автоматично вирівнюється.

Мобільність також сприяє досягненню робототехніки. Навіть надзвичайно великі заготовки можна виміряти, просто перемістивши «Xstress Robot» між позиціями вимірювання, замість переміщення заготовки. По-перше, робот може бути переміщений в одне положення і всі вимірювання виконуються в межах досяжності робота. Потім робот переміщається в нове положення для наступного вимірювання без необхідності взагалі переміщення важкої деталі. Цей процес повторюється до тих пір, поки не будуть виконані всі вимірювання. Завдяки мобільності системи Xstress Robot великі та складні заготовки можуть бути виміряні на місці швидко і з мінімальними зусиллями.



Рисунок 3.4 - Робот «Xstress» робить вимірювання на колінчастому валу.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Знаходячись у вузлі деталь (рис.4.1) фіксується за всіма шістьма ступенями волі, по 8 отворам $\varnothing 12^{+0,019}$ (рис.4.2). Напруження 0,1МПа діє на бокову сторону кожного зі шліців. Результатів виконаних навантажень в програмному модулі NX CAM зображено на рисунках 4.3-4.5.

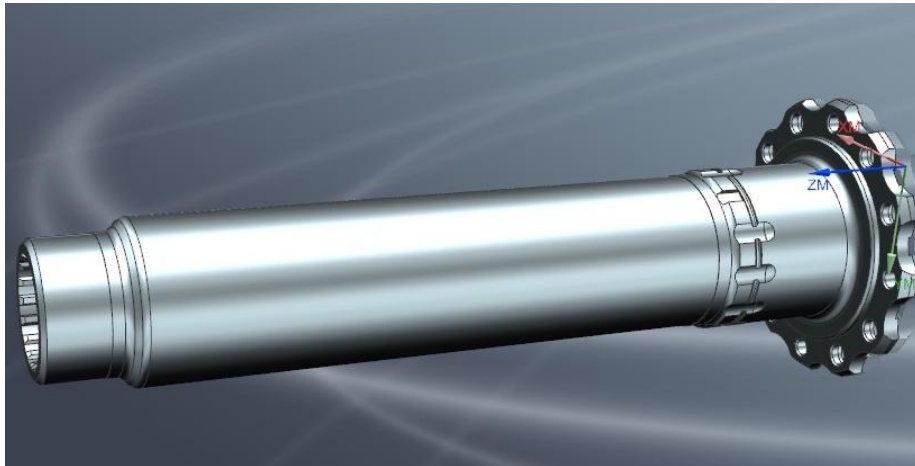


Рисунок 4.1 - Модель деталі «вал турбіни компресора».

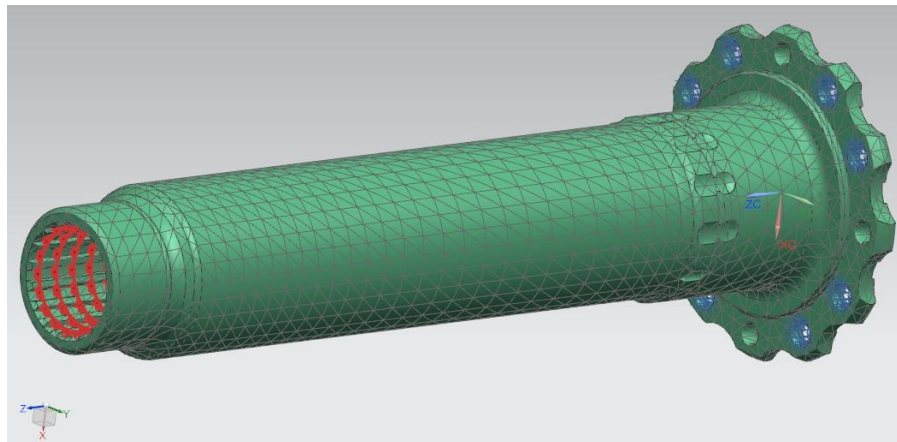


Рисунок 4.2 - Модель деталі з визначеними зонами фіксації та напружень.

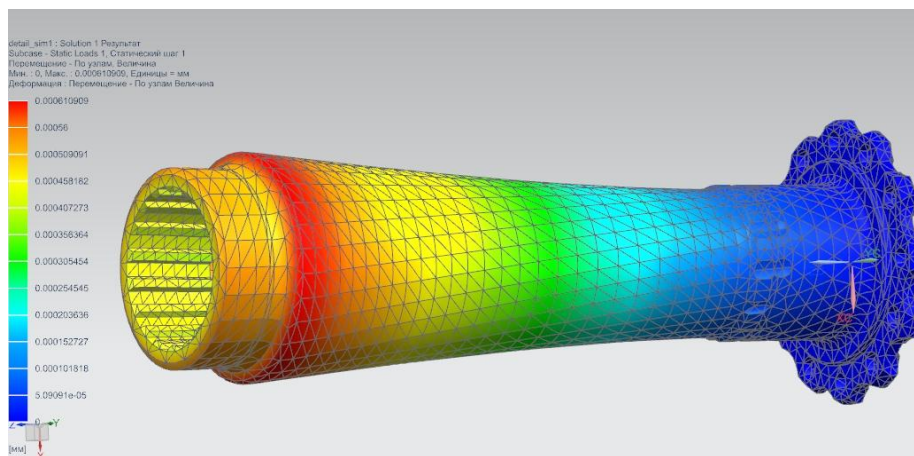


Рисунок 4.3 - Модель напруженої деталі за переміщенням по вузлах.

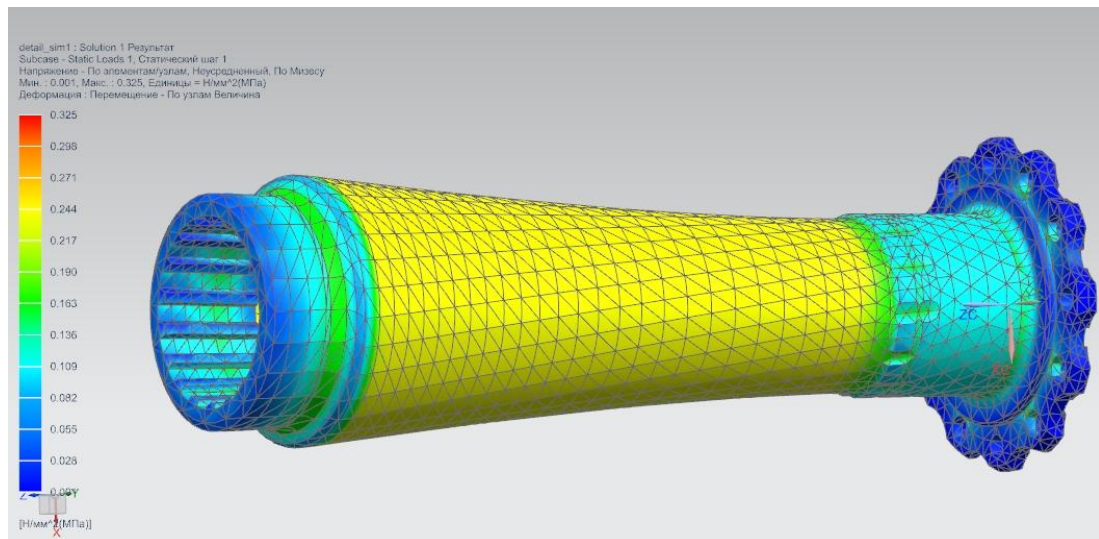


Рисунок 4.4 - Модель напруженої за елементами та вузлами деталі.

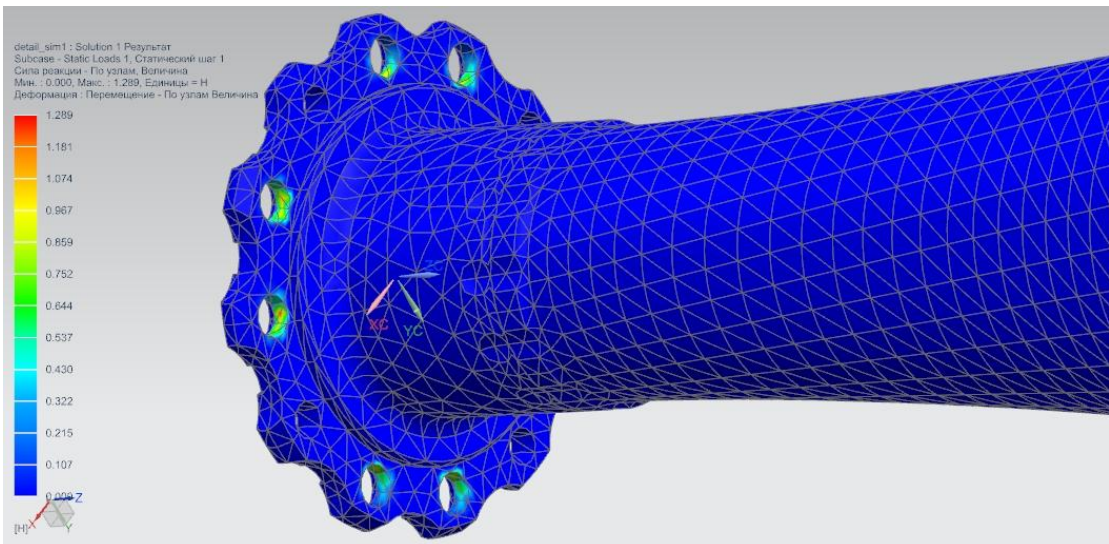


Рисунок 4.5 - Модель деталі з відображення сили реакції по вузлах.

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

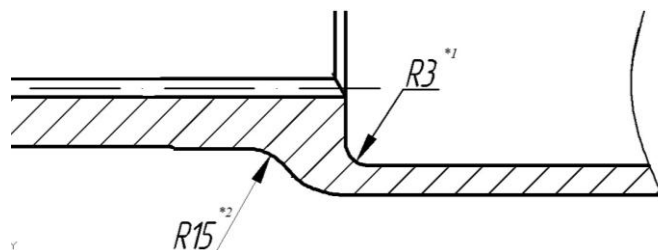


Рисунок 4.6 – Дільниця деталі, яка підлягає зміні.

Під зміною конструкції деталі розуміємо змінення радіусу R^{*1} (рис. 4.6). Змінені радіуси та результати розрахунків в NX CAM заносимо до таблиці 4.1. Графічні види розрахунків зображено на рисунках 4.7-4.12.

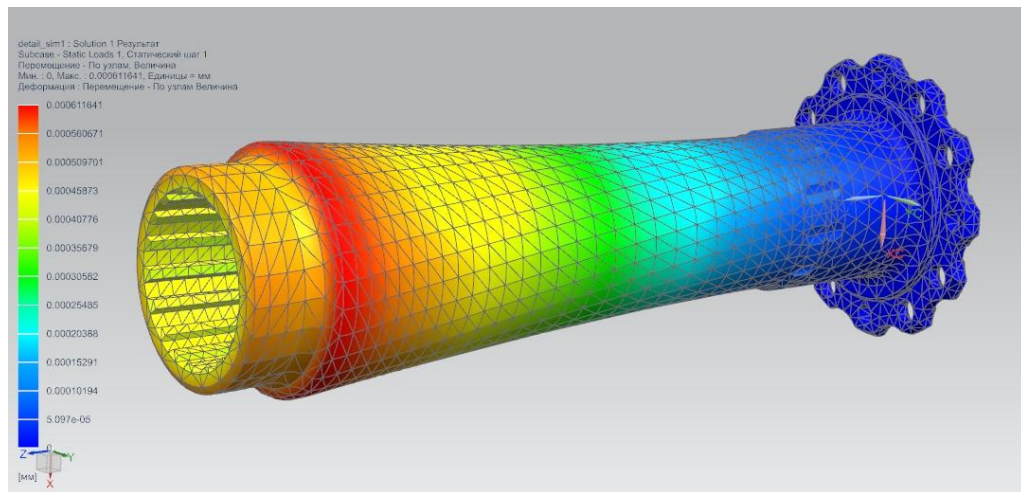


Рисунок 4.7 - Модель напруженої деталі за переміщенням по вузлах з радіусами $R^{*1}=1$ мм та $R^{*2}=15$ мм.

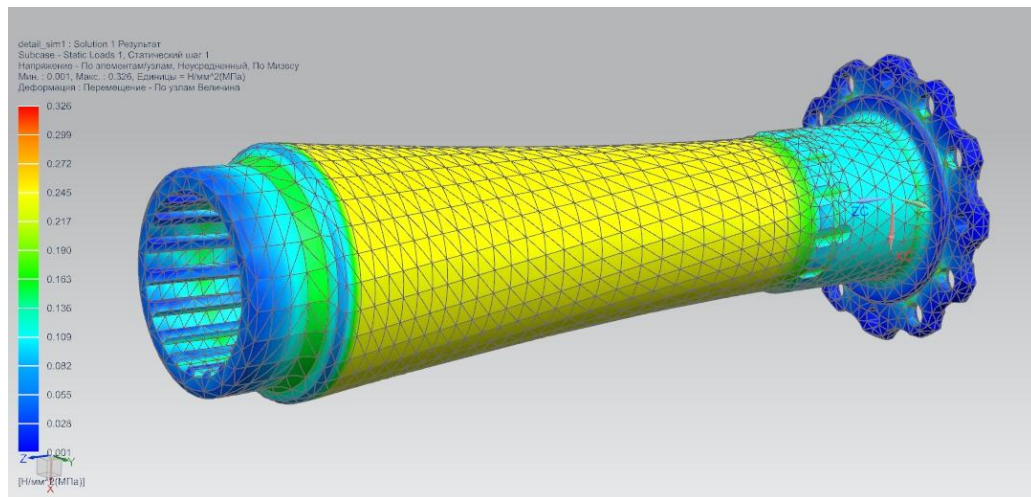


Рисунок 4.8 - Модель напруженої за елементами та вузлами деталі з радіусами $R^{*1}=1$ мм та $R^{*2}=15$ мм.

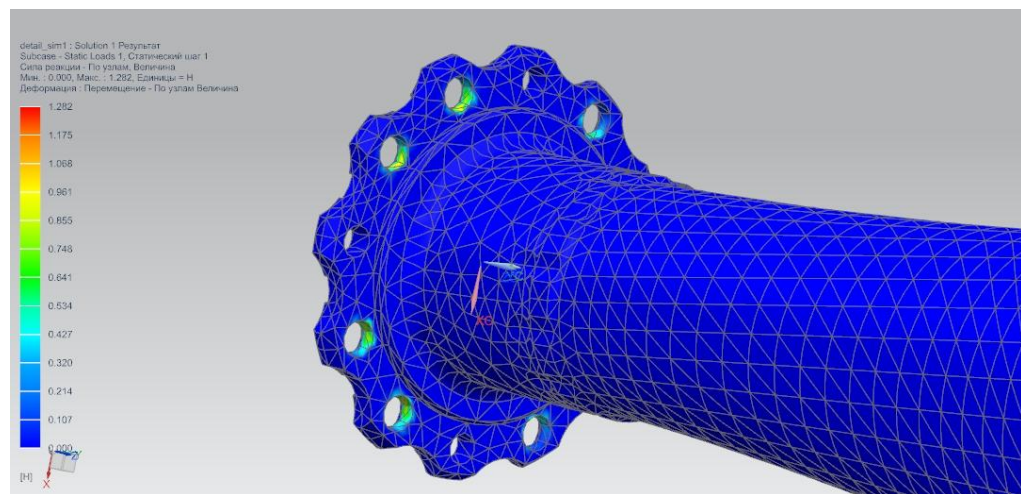


Рисунок 4.9 - Модель деталі з відображення сили реакції по вузлах з радіусами $R^{*1}=1$ мм та $R^{*2}=15$ мм.

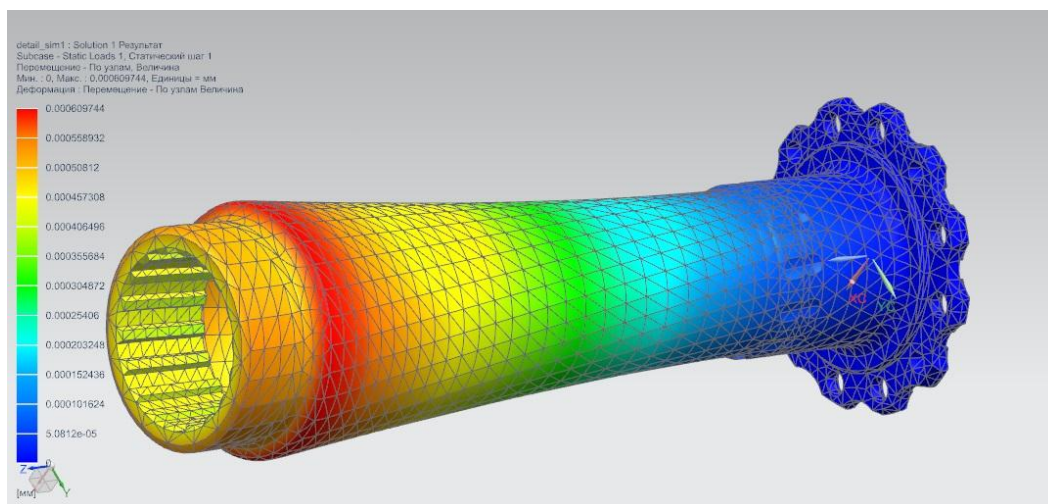


Рисунок 4.10 - Модель напруженої деталі за переміщенням по вузлах з радіусами $R^{*1}=4$ мм та $R^{*2}=15$ мм.

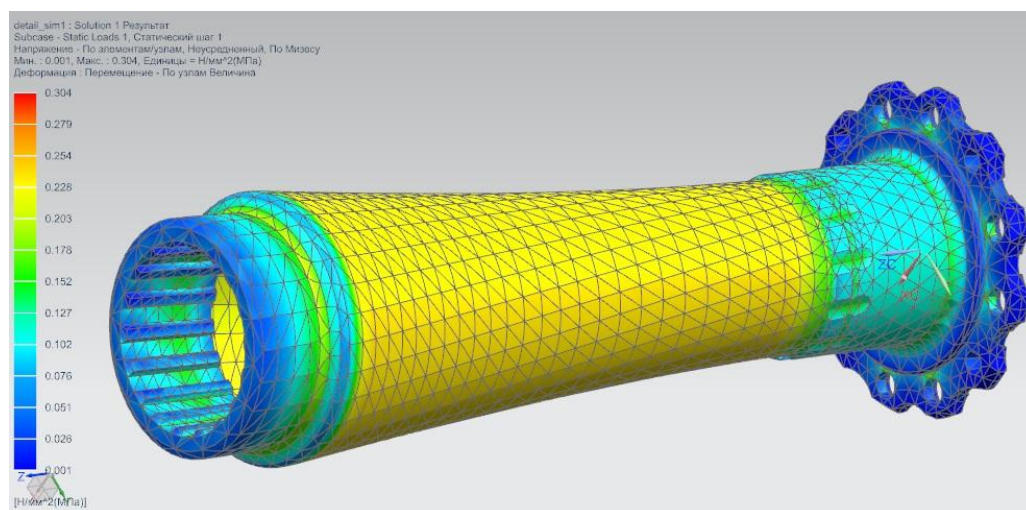


Рисунок 4.11 - Модель напруженої за елементами та вузлами деталі з радіусами $R^{*1}=4$ мм та $R^{*2}=15$ мм.

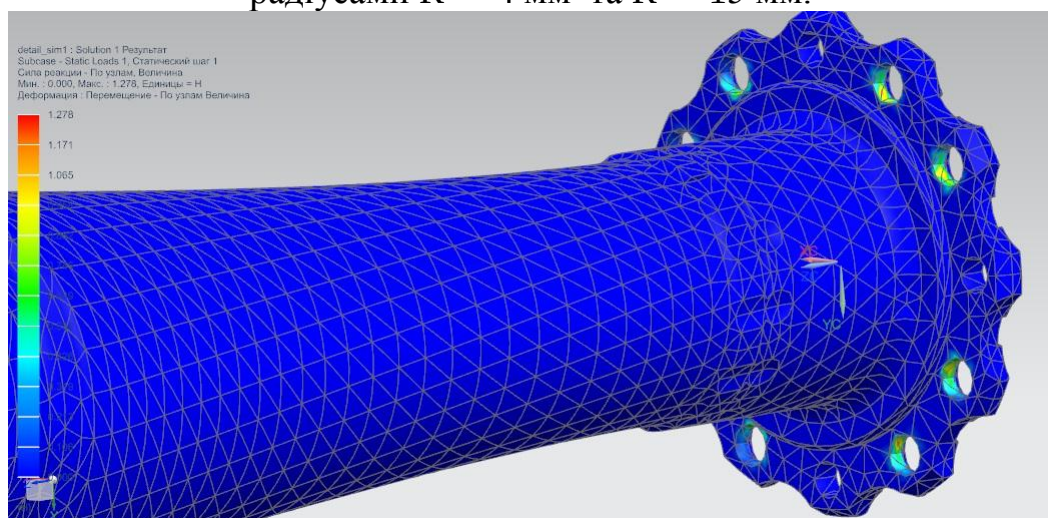


Рисунок 4.12 - Модель деталі з відображення сили реакції по вузлах з радіусами $R^{*1}=4$ мм та $R^{*2}=15$ мм.

Таблиця 4.1 – Результати визначення допустимих навантажень при зміні радіусів.

Радіус *1	Радіус *2	Р, МПа, сумарне прикладене навантаження	Вид навантаження		
			$L_{\max}$ Перем. по вузлах, мкм	$\sigma_{\max}$, кПа Напр. за елем. та вузл.	$P_{\max}$, Н Сила реакції по вузлах
R1	R15	1,8	0,611	326	1,282
R3	R15		0,610	321	1,289
R4	R15		0,609	304	1,278
R10	R25		3,045	1387	6,673

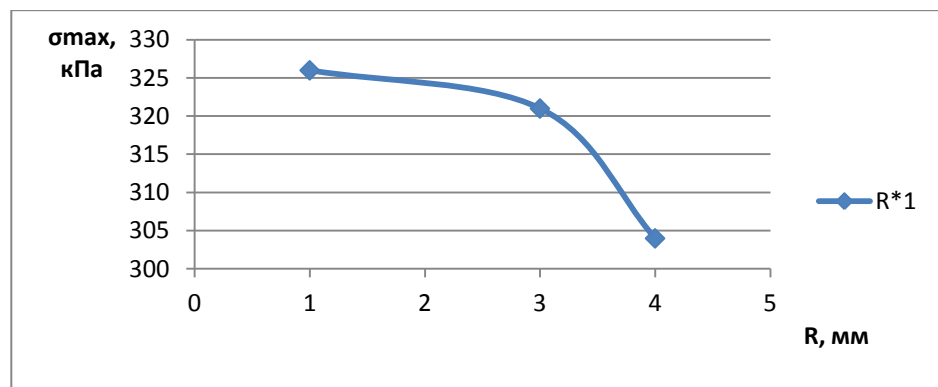


Рисунок 4.13 – Графік залежності $\sigma_{\max}$ від величини радіусів.

4.3 Оптимізація геометрії деталі

За результатами зміни R^{*1} (рис.4.17) можна зробити висновок, що зі збільшенням величини радіусу напруження зменшується на відносно невелику величину, тому було прийнято рішення збільшити величину обох радіусів. Для перевірки мого ствердження щодо вагомості геометричного розміру цього елемента було взято $R^{*1}=10$ мм та $R^{*2}=25$ мм (таб.4.1). В результаті проведених дій та розрахунку в NX CAM (4.14-4.17) небезпечний переріз перейшов до фланцю, тобто виключив цей концентратор напружень.

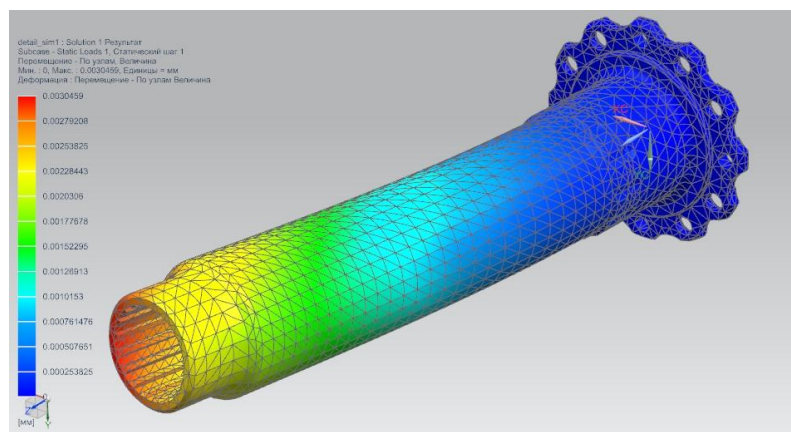


Рисунок 4.14 - Модель напруженої деталі за переміщенням по вузлах з радіусами $R^{*1}=10$ мм та $R^{*2}=25$ мм

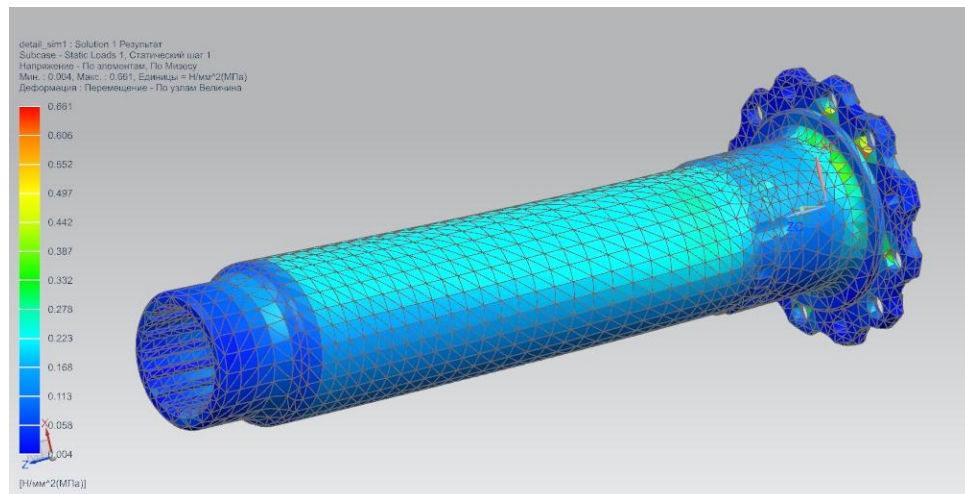


Рисунок 4.15 - Модель напруженої за елементами деталі з радіусами $R^1=10$ мм та $R^2=25$ мм.

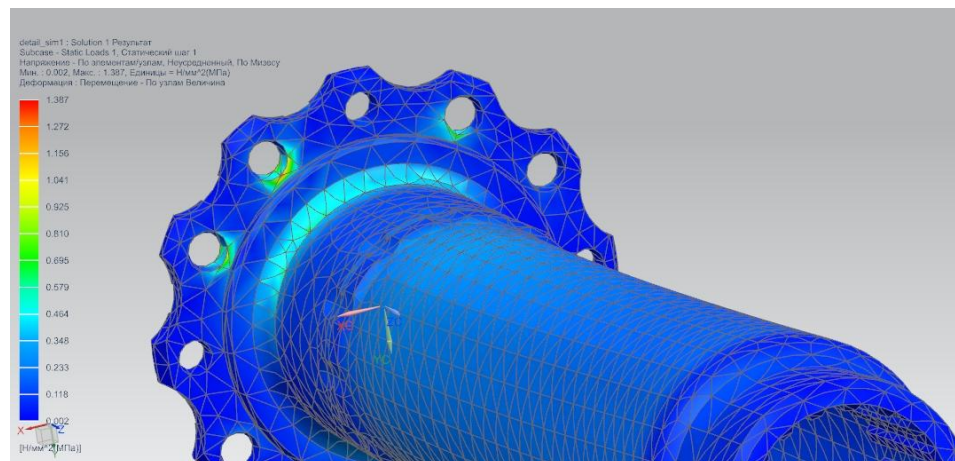


Рисунок 4.16 - Модель напруженої за елементами та вузлами деталі з радіусами $R^1=10$ мм та $R^2=25$ мм.

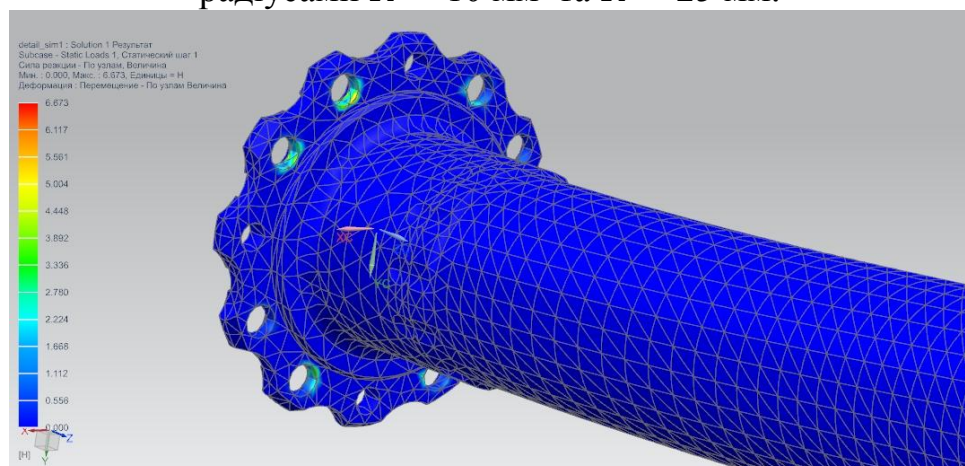


Рисунок 4.17 - Модель деталі з відображення сили реакції по вузлах з радіусами $R^1=10$ мм та $R^2=25$ мм.

Рекомендація заходів щодо оптимізації геометрії деталі: підвищити значення обох радіусів (рис. 4.6), якщо це не буде заважати експлуатаційним функціям вала.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

ОБРОБКА МЕХАНІЧНОЮ ЩІТКОЮ З МЕТАЛЕВОГО ДРОТУ, ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ОБДУВЦІ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ОПОРУ ВТОМІ

Механічна обробка поверхні, така як пневмоструменева обробка дробом, глибока прокатка і лазерна ударна обробка, добре відомі методи зміцнення, які використовують для поліпшення втомних характеристик металевих компонентів. Це часто пояснюється ущільнювальними процесами, які викликають залишкові напруги стиснення, що зменшують швидкість поширення поверхневих тріщин. Для видалення накипу та зняття задирок зазвичай використовують механічні щітки з металевого дроту, за допомогою яких оксидні шари видаляються з термооброблених сталевих компонентів.

До цих пір удар механічної щітки майже виключно використовувався для очищення поверхні та підготовки поверхонь для нанесення покриттів та/або фарбування. Удар щітки, що впливає на можливе укріплення поверхні, а також підвищення втомної міцності, рідко враховувалися.

В дослідженні впливу удару механічної щітки на властивості поверхні і поверхневого шару такі, як шорсткість поверхні, ступінь поверхневого наклепу і профілі залишкових напружень, порівнюються з ефектом пневмоструменевої обробки дробом на Al2024-T4 (рис. 5.1). Крім того, продуктивність високої циклічної втоми від удару механічної щітки та умови обдувки дробом порівнюються і контрастуються.



Рисунок 5.1 – Процес пневмоструменевої обробки дробом.

Для пневмоструменевої обробки дробом використовується універсальна оброблювальна машина *Gravi 2000 OSK Kiefer, Oppurg* (рис. 5.2).



Рисунок 5.2 - Універсальна оброблювальна машина *Gravi 2000*.

Обробка механічною щіткою була використана системою з електричним приводом, та названа *Bristle Blaster* від *Monti, Hennef* (рис. 5.3). Щетинки щітки не тільки знімають виступаючі ділянки мікропрофілю, а й дістаючи дна найменших нерівностей та заглиблень, закругляють їх та видаляють гострі кромки.

Як показано на рисунку 5.4, ворс щітки складається з декількох різних областей, кожна з яких виконує певну функцію під час процесу обробки. Основний корпус щетини забезпечує жорсткість, що є необхідним для динамічних характеристик інструменту. Робоча частина волокна (кінчик та хвостовик) піддається термообробці для отримання твердості (HRC 65), необхідної для ефективного видалення корозії. Крім того, основні / заточені кінчики щітки відіграють ключову роль у розкритті основної поверхні і формуванні рецепторного анкерного профілю (зазвичай $65 < R_z(\text{мкм}) < 85$), який є необхідним перед нанесенням фарб і покриттів. Нарешті, хвостовик забезпечує розширену зону, де може відбуватися перехід твердості, тим самим зменшуючи крихкість і збільшуючи ударну в'язкість дроту до досягнення коліна переднього зігнутого дроту. Отже, розрив / поломка дроту мінімізується протягом тривалого терміну служби інструменту.



Рисунок 5.3 – *Bristle Blaster* від Monti.

Щітки виготовляються з високоміцних пружинних сталей. Детальна конструкція одного дроту щітки показана на рисунку 5.4.

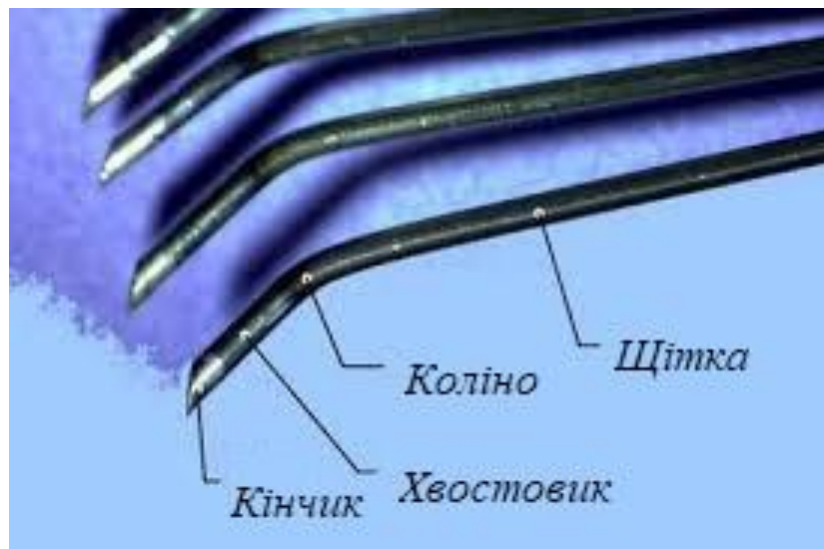


Рисунок 5.4 – Зовнішній вигляд робочої частини дроту (збільшено).

Перед дослідженням зразків на втомлюваність визначали вплив тривалості обробки, вплив на удар щітки, а також на розкриття кривизни смуг Альмен. Результати показані на рисунку 5.5.

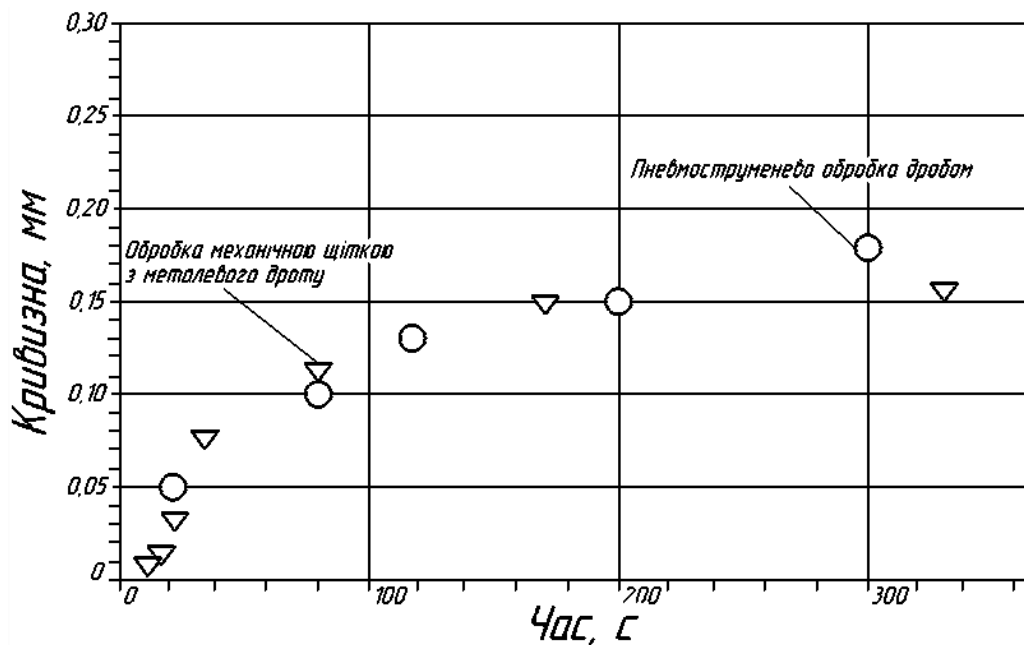


Рисунок 5.5 – Графік визначення кривизни смуг Альмен.

Обидві процедури призвели до помітного збільшення кривизни використовуваних смуг Almen типу А вже після короткого часу. Як видно з рисунка 5.5, результуюча кривизна після 300 с приблизно дорівнює 0,15 мм, незалежно від конкретної обробки поверхні.

Порівняння значень шорсткості, виміряних пертометром, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Порівняння значень шорсткості.

Обробка механічною щіткою з металевого дроту		Пневмоструменева обробка дробом	
Rmax, мкм	Ra, мкм	Rmax, мкм	Ra, мкм
34,0	3,8	20,1	3,2
27,5	3,5	24,3	3,5
25,0	3,9	22,7	2,9
22,5	3,1	23,9	3,8

З рисунка 5.6 видно, що видалення щіткою дає максимальне значення мікротвердості трохи більше ніж 180 HV0 1.

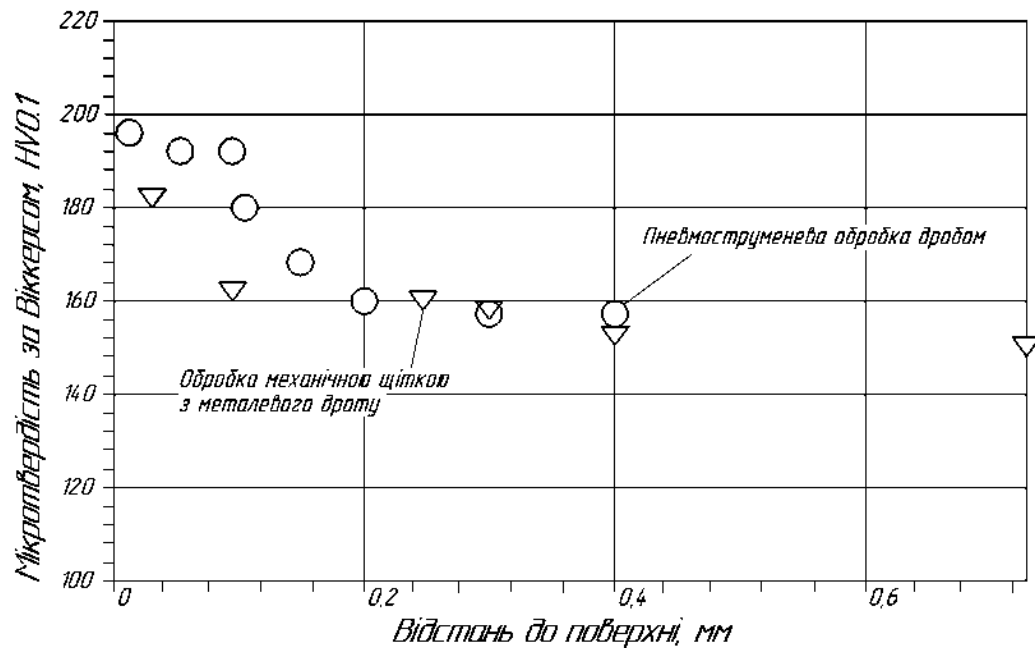


Рисунок 5.6 – Графік розподілу мікротвердості по глибині поверхневого шару.

Глибина проникнення підвищеної твердості становить близько 0,2 мм. Як показано на рисунку 5.6, розподіл мікротвердості після пневмоструменевої обробки дробом дуже схожий.

Як показано на рисунку 5.7, обидві обробки поверхні викликають залишкові напруження стиску, виміряні методом свердління. Однак величина залишкових напружень стиснення після обдувки дробом помітно вище, ніж після удару щітки.

Процес обробки механічною щіткою має унікальну властивість, яка генерує поверхні, аналогічні після процесу пневмоструменевої обробки дробом, а саме, кожна дротинка щітки та електроінструмент синхронізовані для отримання одного первинного удару і негайного видалення кінця щетини з поверхні оброблюваної деталі. Удар відбувається протягом надзвичайно короткого часу (приблизно 0,0003 с), і для запису та оптимізації процесу потрібен високошвидкісний цифровий фотоапарат.

Фотографічна послідовність семи кадрів поспіль показана на рисунку 5.8, яка фіксує повну подію удару кінчика дроту щітки перед, під час і після контакту з сталеву поверхню. Ця послідовність фотографій показує, що вхідний кінчик дроту щітки (рис. 5.8-1) наближається до металевої

поверхні (щітка рухається зліва направо) і піддається контакту на зазначеному місці удару (рис. 5.8-2).

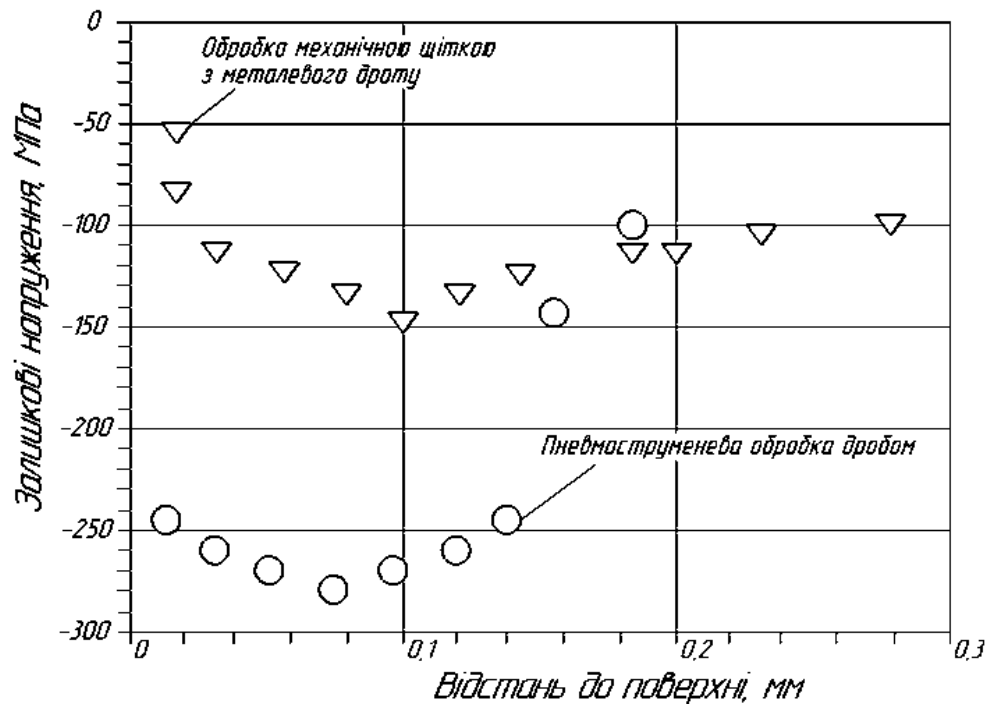


Рисунок 5.7 – Графік залежності залишкових напружень від глибини поверхневого шару.

Далі (рис. 5.8-3) кінчик дроту щітки відразу відводиться від поверхні. Ретельне вивчення рис. 5.8-3, рис. 5.8-4, та рис. 5.8-5 показує, що початковий відскок / втягування кінчика дроту щітки відбувається в напрямку назад, тобто положення кінчика дроту щітки знаходиться за місцем удару. У мить пізніше (рис. 5.8-6 і рис. 5.8-7), подальше відновлення руху щітки відбувається, коли щітка рухається вперед і в кінці повертається в положення рівноваги до генерування наступних ударів. Детально, ударний кратер, який утворився в рис. 5.8-2, показано на рис. 5.9. Він вказує на те, що деформація «лопаткою» є характерною ознакою процесу удару щітки. Нарешті, на рис. 5.10 показана високошвидкісна цифрова фотографія де чітко видно початкова область удару.

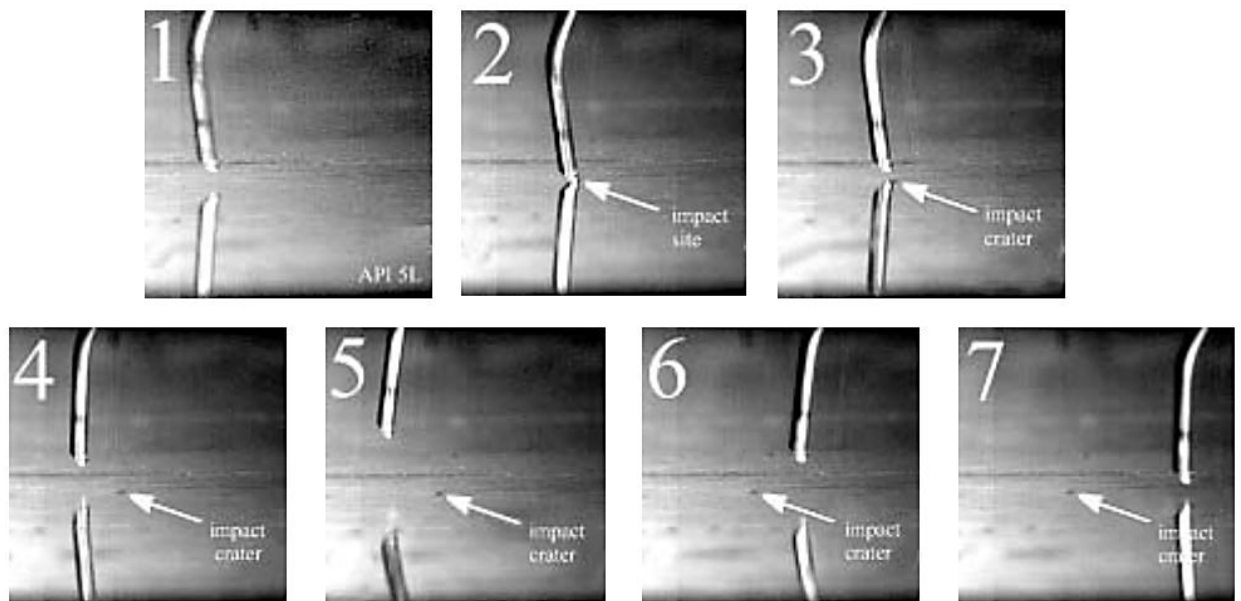


Рисунок 5.8 - Сім послідовних кадрів, захоплених з високошвидкісної цифрової камери, які зображують наближення кінчика дроту кадр 1, удар кадр 2, втягування кадри 3, 4, 5; і продовження руху від області контакту кадр 6 і 7.

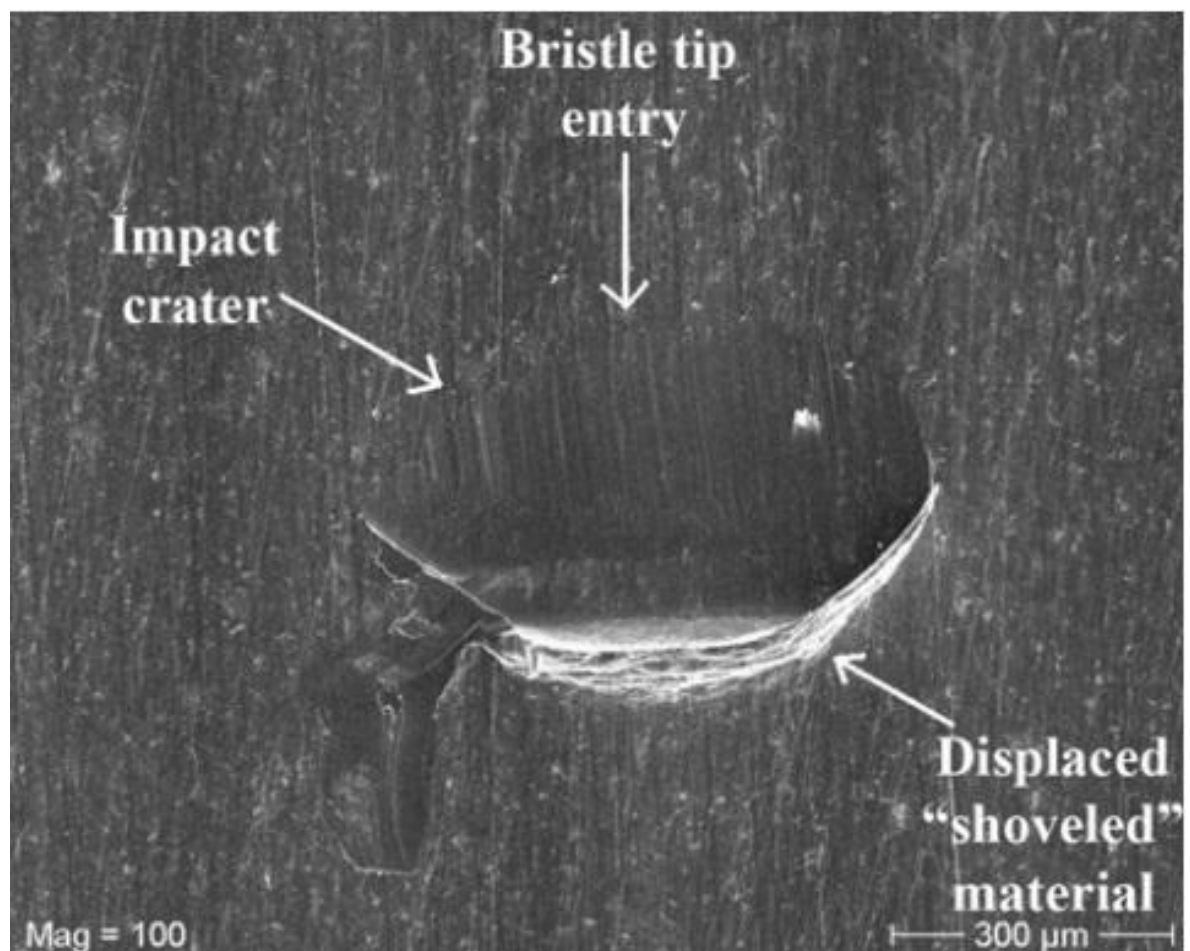


Рисунок 5.9 - Фотографія мікро-кратеру після удару щітки зі сталевуою поверхнею.

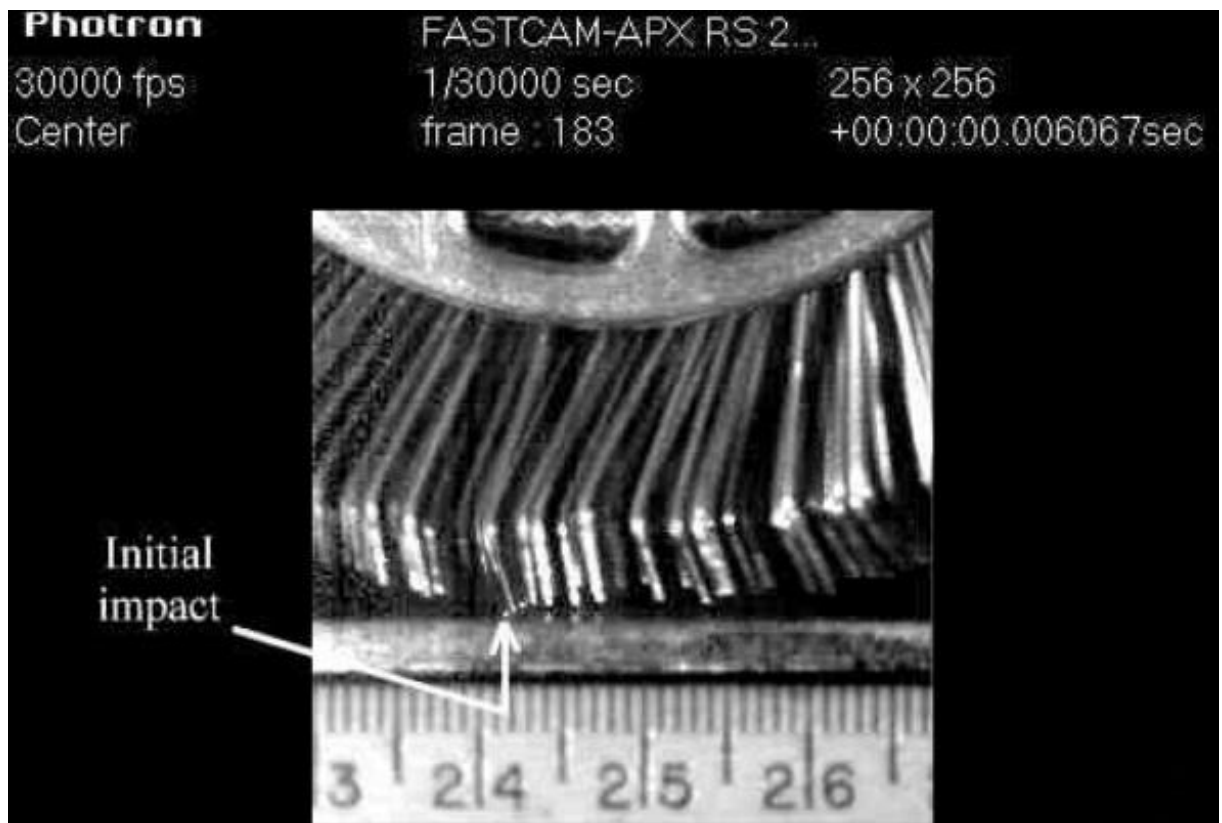


Рисунок 5.10 – Зображення дроту після контакту зі сталеву поверхнею.

Підсумок

Обробка механічною щіткою з металевго дроту, з твердого алюмінієвого сплаву Al2024-T4 призводить до властивостей поверхневого шару, шорсткості поверхні і профілів мікротвердості, дуже схожих на звичайну пневмоструменеву обробку дробом. Підвищення міцності за рахунок обробки щіткою може бути настільки ж помітним, як і внаслідок пневмоструменевої обробки дробом, хоча залишкові стискаючі напруження, спричинені обдувкою, набагато вище.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

У даному дипломному проекті для отримання ефекту підвищення техніко-економічних показників було об'єднано операцію 010 – відрізну яка виконувалася на відрізному верстаті 8Б72, і операцію 015 – свердлильну яка виконувалася на радіально-свердлильному верстаті 2А53, в загальну - 010 фрезерно-центрувальну на фрезерно-центрувальному верстаті МР75-М;

Розрахунок річної економії за рахунок об'єднання операцій без врахування вартості основного матеріалу [9, с.91]:

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

де C_1, C_2 – технологічна собівартість одиниці продукції до і після заміни обладнання;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат;

K_1, K_2 – питомі капітальні витрати до і після заміни обладнання, що приходять на одиницю продукції:

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

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

Частіше всього технологічна собівартість на одиницю продукції включає такі статті витрат:

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

де M – вартість основних матеріалів, грн/шт:

$$M = H_e \cdot \Pi_m - B \cdot \Pi_e \quad (6.4)$$

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

Π_m – ціна матеріалу за 1 кг, грн/кг;

B – величина відходів на одиницю продукції, кг;

Π_e – ціна відходів за 1 кг, грн/кг;

Z_o – основна заробітна плата основних робочих, грн/шт:

$$Z_o = P_{від.сум} \quad (6.5)$$

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

A_e – амортизаційні відрахування на деталь, грн/шт:

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

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

H_a – норма амортизації, %;

B_p – витрати на ремонт, грн/шт:

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

B_e – витрати на силову енергію, грн/шт:

$$B_e = \frac{N_{обл} \cdot K_n \cdot T_{маш} \cdot Ц_e}{60} \quad (6.8)$$

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

K_n – коефіцієнт попиту 0,7–0,9;

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

$Ц_e$ – ціна кВт/год. силовій енергії, грн./кВт;

$B_{ин}$ – витрати на ріжучий інструмент грн.:

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

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

$K_{под}$ – коефіцієнт подорожчання інструменту;

$B_{пр}$ – витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, що займає обладнання, грн/шт:

$$B_{пр} = \frac{S_{вир} \cdot K_{доод} \cdot T_{шт} \cdot C_{прим}}{\Phi_o \cdot 60 \cdot K_{в.н}} \quad (6.10)$$

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

$K_{доод}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу;

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

$K_{в.н}$ – коефіцієнт використання ефективного часу.

Розрахунок технологічної собівартості до заміни обладнання.

Вартість основних матеріалів розраховується за формулою (6.4):

$$M = 38,8 \cdot 3,5 - 5,85 \cdot 0,14 = 135,7 \text{ грн./шт.}$$

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

$$З_o = 2,71 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (6.6):

$$A_v = \frac{98000 \cdot 24}{100 \cdot 3000} = 7,84 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot 7,84 = 3,92 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (6.8):

$$B_e = \frac{6,7 \cdot 0,7 \cdot 8,13 \cdot 0,75}{60} = 0,48 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент розраховуються за формулою (6.9):

$$B_{in} = \frac{0,85 \cdot 8,13 \cdot 1,14}{60} = 0,13 \text{ грн./шт.}$$

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

$$B_{np} = \frac{9,82 \cdot 2 \cdot 11,75 \cdot 1000}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 0,95 \text{ грн./шт.}$$

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

$$C_1 = 135,7 + 2,71 + 7,84 + 3,92 + 0,48 + 0,13 + 0,95 = 151,73 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості після заміни обладнання.
Вартість основних матеріалів розраховується за формулою (6.4):

$$M = 29,78 \cdot 3,15 - 5,85 \cdot 0,14 = 92,99 \text{ грн./шт.}$$

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

$$Z_o = 0,93 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (6.6):

$$A_b = \frac{72000 \cdot 24}{100 \cdot 3000} = 5,76 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot 5,76 = 2,88 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (6.8):

$$B_e = \frac{10 \cdot 0,7 \cdot 3,17 \cdot 0,75}{60} = 0,28 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент розраховуються за формулою (6.9):

$$B_{in} = \frac{0,96 \cdot 3,17 \cdot 1,14}{60} = 0,05 \text{ грн./шт.}$$

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

$$B_{пр} = \frac{6,8 \cdot 2 \cdot 4,58 \cdot 1000}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 0,26 \text{ грн./шт.}$$

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

$$C_2 = 92,99 + 0,93 + 5,76 + 2,88 + 0,28 + 0,05 + 0,26 = 103,15 \text{ грн./шт.}$$

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

$$K_1 = 97000 / 3000 = 32,33 \text{ грн./шт.};$$

$$K_2 = 72000 / 3000 = 24 \text{ грн./шт.}$$

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

$$E_{річ} = [(151,73 + 1,3 \cdot 32,33) - (103,15 + 1,3 \cdot 24)] = 59,5 \text{ грн.}$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для усунення ризиків травматизму, нещасних випадків та створення безпечних умов роботи під час механічної обробки деталі «Вал турбіни компресора» поведемо аналіз потенційно небезпечних факторів, що характеризують умови роботи, заходи з забезпечення техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, а також пожежної безпеки. Крім вище зазначених питань, розглянуто заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях, а саме: захист населення при хімічному зараженні у разі аварії на хімічно небезпечному об'єкті або транспортних засобах, що перевозять сильнодіючі отруйні речовини.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі на металорізальних верстатах існують наступні потенційні небезпеки фізичного характеру:

- руйнування ріжучого інструменту внаслідок порушення, технологічного процесу, або режимів різання може призвести до отримання травм різного ступеню важкості;
- при контакті робітника з поверхнями обладнання, оброблюваної деталі або стружки без захисних рукавиць, які мають підвищену температуру існує ймовірність отримання опіків;
- під час контакту робітника з гострими кромками, шорсткістю та задирками існує ймовірність механічних травм;
- ураження електричним струмом у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, відсутності захисного заземлення .
- існує ймовірність захвату одягу чи волосся робітника при контакті с рухомими частинами фрезерного верстата (шпіндель, стіл), що може призвести до отримання травм різної ступені тяжкості.

До потенційних небезпек санітарно-гігієнічного характеру відносяться:

- підвищений рівень шуму на робочому місці при роботі обладнання, призводить до розвитку втоми, роздратованості та зниженню уваги;
- запиленість повітря пилом та парами рідин, що виникають при випаровуванні мастил та змащувально-охолоджуючих рідин призводить до подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, що може викликати алергічні захворювання;
- недостатня освітленість робочого місця може призвести до погіршення зору і появи ризику отримання травми, а також до розвитку професійних захворювань.

До потенційних небезпек, що пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки насамперед можна віднести ймовірність виникнення загорання у зв'язку із-за несправності електро-обладнання.

Існує ймовірність виникнення надзвичайної ситуації для робітників, майна, приміщень та оточуючого середовища і насамперед може порушити умови життєдіяльності людей та призвести до людських жертв.

7.2 Заходи з забезпечення техніки безпеки

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

Для забезпечення безпеки працюючих при виконанні операції обробки деталей, обладнання, що передбачено на механічній ділянці відповідає вимогам «Технічного регламенту безпеки машин». Обладнання є безпечним при монтажі, демонтажі, ремонті та експлуатації, а також при транспортуванні чи зберіганні протягом всього терміни служби. Обладнання є надійним протягом строку, що встановлено експлуатаційно-технічною документацією. Крім того, обладнання безпечне для навколишнього середовища та в процесі утилізації. Згідно законодавства України, роботодавець повинен забезпечити безпеку працюючих та відповідає за безпечність обладнання, що застосовується згідно технологічного процесу. Відповідальність за дотримання справного стану і безпечну експлуатацію металорізального верстату покладається на керівника підрозділу, за яким закріплений верстат.

Робітники повинні дотримуватися правил безпеки при роботі згідно НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила щодо безпеки праці при обробці металів різанням».

Для уникнення можливих травм при контакті з рухомими частинами обладнання потрібно передбачати захисні огорожі відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». При проектуванні та експлуатації технологічного обладнання необхідно передбачати застосування пристроїв, які виключають ймовірність контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту («Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», Затверджено Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 р. за № 327/25104).

Для уникнення травм внаслідок руйнування інструменту необхідно працювати тільки з огороженим інструментом (ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та

будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож»). При проведенні розрахунків на міцність огорож, необхідно враховувати ймовірність вильоту та удару об огорожу заготовок і ріжучого інструменту.

Перед початком роботи потрібно перевірити справність обладнання, гальмівних пристроїв на холостому ходу, а також перевірити на справність та наявність дефектів ріжучий інструмент та засоби для закріплення деталей для уникнення ймовірності їх вильоту внаслідок недостатнього закріплення. Не допускати при роботі різних змін режимів різання для того, щоб уникнути можливості руйнування інструменту або порушення закріплення деталі.

Для захисту від можливих порізів, опіків та травм, пов'язаних з вильотом стружки необхідно надати робітнику засоби індивідуального захисту (спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, очей) згідно НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту».

Засоби колективного захисту передбачені згідно ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація». Для індивідуального захисту працюючих передбачено комплектування працівників механічної дільниці взуттям та рукавицями згідно ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

Відстань від проходу до фронтальної частини фрезерного верстата повинна становити 1 м, до бокової та тильної сторони 0,5 м. Ширина проходів складає 1,4 м, зона робітника приймається рівною 0,8 м.

Обладнання розташовано, з урахування вимог безпеки та ергономіки та відповідає ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування». Враховано, що дискомфорт, втома, фізичні та психологічні стреси оператора повинні бути знижені до мінімально можливого рівня з огляду на такі принципи ергономіки: врахування можливих фізичних розмірів оператора, його сили і витривалості; забезпечення достатнього простору для рухів частин тіла оператора; уникнення встановлення фіксованої продуктивності; уникнення необхідності спостереження, яке вимагає тривалої зосередженості; пристосування системи взаємодії “людина - машина” до передбачуваних характеристик операторів.

Для попередження травматизму робітник повинен утримувати своє робоче місце в чистоті, не захащувати його деталями, металевими відходами, сміттям. Під час роботи не вживати алкогольні напої, дотримуватися вимог санітарних норм та правил особистої гігієни.

При плануванні робочого місця забезпечена їх зручність, розташування потрібних для роботи пристроїв, а також зони досяжності рук працюючих, що дає можливість раціонально розташувати необхідні пристрої у відповідності з рекомендаціями ДСТУ EN 294-2001 «Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання можливості досягнення небезпечних зон

руками», ДСТУ EN 547-2018 «Безпечність машин. Частина 3. Антропометричні дані».

Для здійснення безпечної, безаварійної та високопродуктивної роботи верстатів необхідно правильно організовувати їх експлуатацію для уникнення можливості помилок зі сторони обслуговуючого персоналу.

Для запобігання ураження електричним струмом електрообладнання має відповідати вимогам ПУЕ-2014 «Правила улаштування електроустановок»

Експлуатація електрообладнання та електроустановок має проводитися відповідно «НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ»), НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЕЕС).

Для забезпечення захисту від випадкового торкання до струмопровідних частин необхідно прийняти наступні способи і засоби: захисне огороження; ізоляція струмопровідних частин; захисне відключення (ДСТУ EN 418-2003 «Безпечність машин. Пристрої аварійної зупинки. Функціонування і принципи проектування»);

блокування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору») знаки безпеки (ДСТУ EN 457-2001 «Безпечність машин. Звукові сигнали небезпеки. Загальні вимоги проектування та випробування»).

Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при доторканні до металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, застосовують захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалу системи захисних дротів, захисне відключення, ізоляцію не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою вище 24 В. засоби індивідуального захисту та ін. Всі металеві частини виробничого обладнання (станини, корпуси, електродвигуни, каркаси пультів керування та ін.), якщо вони можуть опинитися під напругою вище 42 В, мають бути заземлені згідно ПУЕ-2007. Для цього їх оснащують легко оглядним пристроєм заземлення $R < 4 \text{ Ом}$ або з'єднують з нульовим дротом.

Для вчасного запобігання, вияву та лікування захворювань необхідно регулярно та своєчасно проходити медогляди: попередній - при влаштуванні на роботу і періодичний - протягом трудової діяльності відповідно до Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій». Періодичні медичні огляди мають проводитися раз на два роки комісією в складі: терапевта, невропатолога та офтальмолога, жінки обов'язково оглядаються лікарем акушером-гінекологом. До складу комісії, що проводить попередні та періодичні медичні огляди, при необхідності (за наявністю медичних показань) можуть залучатись до оглядів лікарів інших спеціальностей.

7.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Загальні санітарно-гігієнічні показники повітря в приміщенні при роботі за верстатом повинні відповідати ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Оптимальні значення температури в холодну пору року при проведенні дослідницької роботи за фрезерним верстатом 18-20° С, в теплу пору року 21-23° С та мати відносну вологість 40-60%, швидкість руху повітря в робочій зоні приміщення повинна бути не більше 0,2 м/с.

Для запобігання запиленості та загазованості приміщення пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні змазувально-охолоджуючих рідин та мастил необхідно передбачити вентиляційні системи, які повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Вентиляційні системи також повинні відповідати загальним вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Рівень шуму кімнаті в лабораторії не повинен перевищувати 65 дБ згідно вимог ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

При організації робочого місця необхідно приймати всі необхідні заходи для зменшення шуму, який впливає на людину на робочих місцях до значень, котрі не перевищують допустимі. Це досягається за рахунок розробки, застосування засобів і методів колективного та індивідуального захисту, використання сучасної техніки з більш меншим виділенням шуму а також це повинно враховуватись при проектуванні підприємств, будівель та споруд різного призначення. ви

Оцінку впливу рівня вібрацій необхідно проводити за ДСТУ ISO 2631-1:2004«Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину».

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

При проведенні робіт за металорізальним обладнанням необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Освітленість при роботі за

фрезерним верстатом в зоні обробки повинна бути не менше 2 000 лк, що досягається за рахунок місцевого освітлення, яке передбачається конструкцією обладнання. Вимоги природного та штучного освітлення в приміщеннях повинні виконуватись згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення»

Приміщення повинні мати природне та штучне освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк, якщо ці значення неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. Штучне освітлення – освітлення будинків, приміщень, споруд та створення зовнішнього освітлення за допомогою спеціальних електроосвітлювальних установок – світильників. Система загального освітлення призначена для освітлення всього приміщення.

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

7.4. Шум, вплив на людину і методи захисту

Найшкідливішим фактором виробничого і побутового середовищ є шум. Особливо небезпечним є виробничий шум, дія якого є тривалою, тобто постійно супроводжує виробничий процес.

Виробничий шум - сукупність різноманітних за силою і частотою звуків. Джерелом шуму можуть бути двигуни, насоси, вентиляційні пристрої, холодильне обладнання, компресори, деякі технологічні процеси - робота на ткацьких верстатах, випробування двигунів, будівельні роботи. Постійним джерелом шуму є транспорт, особливо міський (залізниця, метро, автомобілі) і на сьогодні на вулицях великих міст рівень шуму досягає 80-90 дБ. В останні роки інтенсивність шуму на виробництві й у побуті зростає, що пов'язано з підвищенням потужності і продуктивності машин, механізмів, побутових приладів. За останні 30 років в усіх великих містах країни рівень шуму виріс на 12-15 дБ, а гучкість виросла в 3-4 рази [8].

Шум спричиняє шкідливу дію не тільки на орган слуху, але й на весь організм. При тривалому впливі шуму знижується гострота слуху (розвиток приглуховатості і глухоти), погіршується стан нервової системи (неврози), серцево-судинної (гіпертонічна хвороба) і травної (гастрити, виразкова хвороба) систем. При дії підвищеного рівня шуму (понад 80 дБ) працездатність людини знижується в середньому на 20 %, а для 30 % людей шум є причиною передчасного постаріння. Найбільш негативна дія шуму проявляється протягом перших 10 років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Для визначення впливу шуму на організм людини навіть введено термін «шумова хвороба».

Виділяють три характеристики шуму - рівень тиску шуму, частоту і тривалість дії. Шумові характеристики джерела шуму визначаються згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Допустимі межі тиску шуму в різних умовах становлять 45-80 дБ. Частотну характеристику шуму подають в герцах (Гц). Вухом людини сприймає шуми в діапазоні від 16 Гц до 20000 Гц (20 кгц). Звук частотою до 16 Гц називають інфразвуком, понад 20000Гц - ультразвуком.

Параметри шуму вимірюються приладами - шумомірами і частотними аналізаторами. Рівень робочого шуму вимірюється регулярно, 1 раз на рік, і він не повинен перевищувати 80 дБ. Класи умов праці залежно від рівня виробничого шуму поділяються на допустимі (згідно з державними санітарними нормами, ДСН 3.3.6.037-99. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука), шкідливі й небезпечні.

Рекомендовані такі діапазони шуму для приміщень різного призначення:

- для сну й відпочинку - 30 -50 дБ (45 дБ вдень і 40 дБ - вночі);
- для розумової праці - 45 -55 дБ;
- для робітників цехів, гаражів, магазинів - 56-70 дБ;
- для банківських приміщень - 60 дБ;
- касового вузла банку - 75 дБ;
- інших виробництвах - до 80 дБ.

Для боротьби з виробничим шумом застосовують різні заходи. Найефективнішим є зниження його рівня у джерелі виникнення. У тих випадках, коли вплинути на джерело шуму неможливо, використовують метод зменшення сили шуму на шляху його поширення - звукоізоляцію та звукопоглинання (стіни, загородки, перекриття з металу, товстого скла, цегли, залізобетону, які покривають пористими матеріалами, шлаковатою, пінополіуретаном, тканинами тощо). Місцева ізоляція проводиться шляхом створення боксів, кабін, у яких розміщується джерело шуму.

Важливу роль у боротьбі з шумом відіграють архітектурно-будівельні рішення при проектуванні та будівництві підприємств. Цехи з високим рівнем шуму повинні бути сконцентровані в 1-2 місцях, їх необхідно оточувати зеленою зоною. За цією зоною слід розміщувати підприємства з середнім рівнем шуму, за ними - безшумні цехи та адміністративні приміщення.

Важливим профілактичним засобом попередження утомлюваності на роботі при дії шуму є чергування періодів роботи й відпочинку.

Працівники виробництв з високим рівнем виробничого шуму повинні обов'язково проходити профілактичні огляди з обстеженням насамперед стану органу слуху не менше 1 разу на рік.

Зниження загального шумового фону населених пунктів досягають шляхом перерозподілу транспортних потоків та екрануванням житлових будівель, а також облаштуванням зелених зон між вулицею та будівлями..

До засобів індивідуального захисту відносять навушники, заглушки для вух.

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Пожежі представляють собою велику загрозу життю та здоров'ю працівників та можуть призвести до величезних матеріальних збитків. Питання забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд має велике значення та регламентується спеціальними державними постановами і рішеннями. Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі і системою пожежного захисту згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Ці правила встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, обладнання, майна.

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні механічної дільниці можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

Причинами пожежі можуть бути: несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження); тривале перевантаження двигунів, приводів; порушення ізоляції, потрапляння іскор або стружки з високою температурою на легкозаймисті матеріали або спецодяг.

Оскільки приміщення дільниці належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у приміщенні для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – входні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика

Рекомендується для даної категорії приміщення і класу пожежі оснащувати приміщення порошковими вогнегасниками місткістю 5л в кількості 1 шт згідно «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників», затверджені наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстровані в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677. При чому гранична захищувана площа складає 900 м², що більш ніж достатньо для приміщення площею 36 м² в якому проводяться науково-дослідницькі роботи. В порошкових вогнегасниках джерелом гасіння є сухий порошок. Призначаються для гасіння твердих, рідких та газоподібних речовин, а також для матеріалів, які тліють. Рекомендуються для гасіння електроустановок з напругою до 1000 В. Зберігати потрібно у вертикальному стані в легкодоступному місці, захищеному від прямих сонячних променів і далеко від нагрівальних приладів.

7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Заходи щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Сили і засоби, які залучаються для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

При підготовці РІНР найважливішими заходами є: оцінка обстановки, планування проведення РІНР у вогнищах ураження, прийняття начальником ЦЗ остаточного рішення, організація взаємодії, усебічного забезпечення сил ЦЗ і управління ними.

Основною ланкою, що організовує підготовку і проведення РІНР, є область. Тому в плані ЦО області, з урахуванням якого приймається рішення начальником ЦО як на мирний, так і на воєнний час, закладається основа угруповання сил ЦО області, визначається її чисельність для кожного категорійованого міста і міського району, намічаються всі інші заходи щодо організації рятувальних робіт і ставляться завдання підлеглим силам і ланкам управління. Аналогічно, але більш конкретно і детально плануються створення угруповань сил і можливий порядок їх дій на заздалегідь визначених ділянках (об'єктах) в містах, сільськогосподарських і міських районах.

Угруповання сил ЦЗ на воєнний час повинне відповідати задуму майбутніх дій і забезпечувати:

- можливість швидкого приведення сил у повну готовність до виконання завдань у найскладніших умовах обстановки;
- своєчасне висування сил до місця проведення рятувальних робіт, швидке їх розгортання і зосередження основних зусиль в інтересах вирішення головних завдань;
- можливість одночасного виконання робіт з максимальним використанням усіх сил і засобів у декількох вогнищах ураження для порятунку потерпілих у найкоротший термін;

- нарощування зусиль за рахунок наступних змін ешелонів і резервів, можливість здійснення маневру силами і засобами в ході робіт;
- захист особового складу;
- стійке управління силами і підтримка взаємодії між ними, а також усебічне забезпечення дій у ході проведення РІНР.

Ядром угруповань сил ЦЗ є військові частини ЦЗ і невоєнізовані формування підвищеної готовності.

Для створення угруповань сил використовуються:

- на ОГ — невоєнізовані формування об'єкта, а також територіальні формування міста (району), формування сільського району (некатегорійованого міста) та інші сили, виділені за рішенням старшого начальника ЦЗ;
- у районі — угруповання сил об'єктів району, територіальні формування району, а також військові частини ЦЗ і Збройних Сил, відомчі, спеціалізовані формування і підрозділи, формування прилеглих районів (сільських) та інші сили, виділені за рішенням старшого начальника ЦЗ для виконання завдань на території даного району;
- у місті без районного поділу угруповання сил ОГ, невоєнізовані територіальні формування міста й області, військові частини ЦЗ, підрозділи і частини військового гарнізону, а також інші сили, що виділяються згідно з планами взаємодії;
- у місті з районним поділом — угруповання сил міських районів і резерви міста;
- в області - угруповання сил категорійованих міст, населених пунктів з категорійованими ОГ, угруповання сил сільських районів і резерви.

Кожне угруповання за своїм складом повинно забезпечувати виконання повного обсягу РІНР у заданому районі (на ділянці, об'єкті).

Для забезпечення безупинного проведення РІНР до повного їх завершення, для нарощування зусиль і розширення фронту рятувальних робіт, а також для заміни сил і засобів угруповання можуть складатися з одного чи двох ешелонів і резерву. Кількість ешелонів визначається обсягом і умовами виконання рятувальних робіт, наявністю сил, а також особливостями їх розміщення в заміській зоні і можливій готовності за часом до виконання завдань у вогнищах ураження. Кожен ешелон може складатися з декількох змін. Для проведення розвідки і забезпечення висування і введення сил у вогнища ураження до складу угруповання включаються розвідувальні підрозділи і формування (загони) забезпечення руху.

При наявності двох ешелонів перший ешелон угруповання сил призначається для негайного (з урахуванням радіаційної обстановки) розгортання рятувальних робіт і ведення їх у високому темпі. З цією метою в перший ешелон включаються найбільш мобільні, добре підготовлені й оснащені сучасною технікою сили, здатні в короткі терміни прибути до вогнища ураження і приступити до робіт. Такими силами є: військові частини і підрозділи ЦО; інші військові частини і підрозділи, що виділяються

військовим командуванням згідно з планами взаємодії; територіальні та невоєнізовані формування категорійованих міст; формування міських ОГ, які продовжують виробничу діяльність, і невоєнізовані формування підвищеної готовності ближніх некатегорійованих міст і сільських районів.

Другий ешелон призначається для нарощування зусиль і розширення фронту рятувальних робіт в міру спадання рівня радіації, а також для заміни підрозділів і формувань першого ешелону. До складу другого ешелону включаються сили ЦО міст і сільських районів, що не ввійшли до складу першого ешелону, частини і підрозділи Збройних Сил і МВС з пізнішими термінами розгортання і невоєнізовані формування ОГ, які продовжують свою діяльність у заміській зоні.

Військові частини і формування, що входять до складу ешелонів, розподіляються по змінах з дотриманням цілісності їхньої організаційної структури і виробничого принципу. Кількість змін і їх склад визначається залежно від наявності сил і засобів, їх можливостей, радіаційної чи хімічної обстановки на об'єктах робіт, обсягу робіт, транспортних можливостей, наявності комунікацій і необхідного часу прибуття у вогнища ураження. Особливо ретельно визначається склад першої зміни. При її комплектуванні враховується, що техніка (бульдозери, екскаватори, крани, компресорні станції й ін.), яка входить до цієї зміни, при необхідності буде залишена на місцях робіт і передана розрахункам чергової зміни.

Резерви призначаються для вирішення завдань, що раптово виникають у ході проведення РІНР, для нарощування зусиль на найважливіших ділянках і об'єктах з метою скорочення термінів завершення робіт, для заміни чи перекидання сил і засобів на нові ділянки (об'єкти) робіт.

До складу резервів включаються формування некатегорійованих міст та віддалених сільських районів, військові частини і підрозділи, що не ввійшли до складу ешелонів, сили ЦЗ, які виділяються сусідами згідно з планами взаємодії. З початком проведення РІНР сили резерву виводяться у встановлені райони збору в кілька місць заміської зони з таким розрахунком, щоб можна було забезпечити швидке перекидання їх на різні напрямки. В міру використання резерви відновлюються в тому числі і за рахунок сил, виведених з вогнищ ураження після виконання ними поставлених завдань.

Важливе значення має підготовка загонів забезпечення руху. Вони створюються по одному на кожен маршрут введення сил у вогнища ураження і, крім того, один-два резервних у залежності від кількості маршрутів та їх складності і на випадок повторних надзвичайних ситуацій.

До складу загону звичайно включаються механізовані й інженерні підрозділи військових частин і формування ЦЗ, оснащені засобами механізації робіт з прокладання колонних шляхів і по улаштуванню проїздів у вогнищах ураження, локалізації і гасінню пожеж, обладнанню тимчасових переправ, знезаражуванню (деактивації і дегазації) ділянок маршрутів і виконанню інших робіт для забезпечення швидкого й безпечного введення основних сил ЦЗ у вогнища ураження.

На приморських (річкових) маршрутах створюються морські і річкові загони забезпечення руху, які призначаються для забезпечення безперешкодного руху суден з військовими частинами і невоєнізованими формуваннями ЦЗ до вогнища ураження і на підходах до місць (причалів) їх висадки і вивантаження; для локалізації і гасіння пожеж у прибережній зоні, в портах, на пристанях і суднах; для знезаражування території портів, пристаней й інших місць висадки сил ЦЗ; для розчищення фарватерів і, в окремих випадках, для підготовки пунктів висадки сил на необладнаних ділянках морського (річкового) берега.

Для зручності організації робіт і управління силами територія вогнища ураження чи зони затоплення, виходячи з особливостей місцевості, планування, характеру забудови, а також з урахуванням транспортних можливостей, поділяється на ділянки, які виділяються певним силам ЦО для проведення РІНР.

При підготовці до проведення РІНР повинні бути передбачені заходи щодо приведення сил ЦЗ в готовність: доукомплектування формувань особовим складом, дооснащення їх технікою і майном; призначення формуванням і частинам ЦЗ районів розташування (вихідних районів) у замиській зоні. З початком розосередження й евакуації населення ці формування будуть виводитися в складі робочих змін у райони, розташовані за межами зон можливих руйнувань категорійованих міст.

Райони розташування повинні забезпечувати:

- розміщення формувань в їх організаційній цілісності;
- можливість швидкого збору і виступу в потрібному напрямку;
- сприятливі санітарно-епідемічні умови.

Небезпека раптового виникнення стихійних лих і можливість швидкої і різкої зміни обстановки ставлять високі вимоги до керування силами ЦЗй у мирний час. На підставі даних розвідки й оцінки обстановки начальники ЦЗ приймають чи уточнюють раніше прийняті рішення, визначають необхідні сили і засоби, висувають їх у райони стихійних лих (у місця аварій) і організовують там РІНР. Склад угруповань сил може бути різним, він визначається видами і масштабами стихійних лих і аварій, наявністю сил і засобів, характером і обсягом розв'язуваних завдань, а також особливостями місцевих умов. Ці угруповання можуть включати невоєнізовані формування різного призначення, військові частини ЦЗ, частини і підрозділи збройних сил, а також відомчі спеціалізовані формування.

Характер, обсяг і способи ведення робіт залежать від виду, причин виникнення, масштабів і тривалості стихійних лих і аварій, ступеня впливу їх наслідків на навколишнє середовище і населення, а також від наявності і підготовленості сил ЦЗ, від погоди, часу доби, пори року й інших факторів [].

Висновки

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

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника.

ВИСНОВОК

Згідно завданню на магістерський дипломний проект, було вдосконалено процес виготовлення деталі «Вал турбіни компресора». Обрано доцільніший метод отримання заготовки. Було призначено припуски на заготовку. Режими різання та технічне нормування часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості.

Розроблено 3D моделі деталі та заготовки за допомогою програмного модулю NX CAM. Технологічний процес розроблено з урахуванням вимог охорони праці. Спроековано пристосування верстатів, що дозволяють швидко та надійно затискати та закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва є дуже важливою особливістю. Було виконано автоматизацію вимірювання залишкових напружень, що дуже спрощує процес контролювання під час виготовлення деталі та є вагомим чинником в авіабудуванні.

Виконано спеціальне завдання на тему " Обробка механічною щіткою з металевого дроту, як альтернатива обдувці для поліпшення опору втомі ".

За допомогою програмного модулю NX CAM найвразливішу частину деталі було розраховано на міцність, після чого була запропонована оптимізація геометрії деталі з метою покращення її роботи у вузлі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
- 4.
5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение, 1961.-Т2.-890с.
6. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /Под ред. А.Ф. Горбачевича. - Минск: Высшая школа, 1983 – 256 с
7. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.
8. Е.М. Левинсон. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении / Е.М. Левинсон. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1952. -82 с.
9. Методичні рекомендації до проектування магістерської роботи з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.