

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)

дружб (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження можливостей виконання фінішного етапу обробки зубчастих коліс за допомогою номімерно-абразивних інструментів

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

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

Каміберда І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Голар Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Винищук 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 другий (магістерський)
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри к.т.н. доц. Дадя С.І.

« 03 » 12 20 19 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кашіберді Івану Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження можливостей виконання фінішного етапу обробки зубчастих колі за допомогою комбіновано-абазивних інструментів

керівник проекту (роботи) Голар Катерина Вікторівна к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 20 19 року № 417

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 02.12.19

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Робоче креслення шестерні, рісна програма випуску $N = 2000$ шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2. Конструкторська частина; 3. Автоматизація підготовки виробництва за допомогою доповненої реальності; 4. Охорона праці на безпечі в надзвичайних ситуаціях; 5. Розрахунок шестерні на міцність та оптимізація конструкції за допомогою елементів NX; 6. Створення заготовок машинно-оброблених штахет для виготовлення шестерні після маршрутно-сметних зубчастих досліджень; 7. Оцінка очікуваної економічної ефективності.

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

Креслення деталі та заготовки; ескіз виготовлення деталі; креслення робочої та контрольної пристосування; укладання заготовки до розрахунку операцій технології в NX; до розрахунку на міцність; автоматизація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Технолог. част.	Гончар Н.В. к.т.н. доцент	ГБН - 2.09.19	ГБН - 30.11.19
Констр. част.	Гончар Н.В. к.т.н. доцент	ГБН - 2.09.19	ГБН - 30.11.19
Метод. рід. вир.	Гончар Н.В. к.т.н. доцент	ГБН - 2.09.19	ГБН - 30.11.19
Окремі праці	Шмирко В.І. к.т.н. доцент	ГБН - 4/10/19	ГБН - 29/11/19
Відрахунок шкідл.	Гончар Н.В. к.т.н. доцент	ГБН - 2.09.19	ГБН - 30.11.19
Специбування	Гончар Н.В. к.т.н. доцент	ГБН - 2.09.19	ГБН - 30.11.19
Нормоустановчі	Пухальська Г.В. к.т.н. доцент		

7. Дата видачі завдання « 02 » 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

Каміберда Т. В.
(прізвище та ініціали)

Гончар Н.В.
(прізвище та ім'я)

Національний університет "Запорізька політехніка"

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

Направляється студент Каліберда І.В. до захисту дипломного проекту (роботи)
(прізвище та ініціал)
за напрямом підготовки 131 Прикладна механіка
спеціальністю 131-1 технології машинобудування
(номер і назва спеціальності)
на тему: Дослідження можливостей виконання фінішного етапу обробки зубчастих коліс за допомогою
полімерно-абразивних інструментів

(підпис тесту)

Дипломний проект (робота) і рецензія додаються.

Директор інституту, декан факультету

Росенко С.Г.
(підпис)

Довідка про успішність

Каліберда І.В. за період навчання в інституті, на факультеті, у відділенні
(прізвище та ініціал студента)

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

національною шкалою: відмінно 8,33 %, добре 75 %, задовільно 8,33 %;
100-бальною шкалою

шкалою ECTS: A 8,33 %; B 8,33 %; C 66,67 %; D 0 %; E 8,33 %.

Секретар інституту, факультету (відділення)

Григоренко Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціал)

Висновок керівника дипломного проекту (роботи)

Студент (ка) Каліберда І.В. виконав дипломну роботу в повному
обсязі, в установлені терміни. Дипломний проект відповідає
вимогам державних стандартів ДСТУ, ГОСТ, ЕСТД, ЕСКД та інших
нормативних документів. Студент виконав всі
необхідні дослідження, розрахунки, аналіз, проекти і
конструкторські рішення, висновки. Виготовив студент
проявив достатки знання і вміння, за результатами
дослідження має 1 публікацію. Виготовлений
проект заслуговує оцінки "добре".

Керівник проекту (роботи)

Григоренко Н.В.
(підпис)

" 02 "

12

20 19 року

Висновок кафедри про дипломний проект (роботу)

Дипломний проект (робота) розглянуто (а): Студент (ка) Каліберда І.В.

(прізвище та ініціал)

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

Завідувач кафедри технологій машинобудування

(підпис)

С.І. Дядя

(прізвище та ініціал)

" 03 "

12

20

року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Дослідження можливостей виконання фінішного етапу обробки зубчастих коліс за допомогою полімерно-абразивних інструментів

Студент (ка) Каліберда Іван Володимировіч

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 10,75

Кількість сторінок пояснювальної записки 114.

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

1.Технологічна частина 2.Конструкторська частина 3.Автоматизація підготовки виробництва за допомогою доповненої реальності 4.Охорона праці 5.Розрахунок шестерні на міцність за допомогою модуля NX 6.Спецзавдання – Застосування полімерно-абразивних шіток для видалення задирок після нарізання елементів зубчастого зачеплення 7.Оцінка очікуваної економічної ефективності заміни інструмента на слюсарній операції зачистки зубців

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

Запропоновано використання САПР, як NX для інтенсифікації підготовки виробництва, а також проведено економічний аналіз доцільності виконання слюсарного етапу обробки деталі на верстаті з ЧПК, не знімаючи деталь з верстата

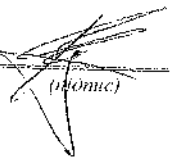
е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) Графічна частина та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів

є) відгук про проект (роботу) загалом В цілому магістерська робота студентки групи МЗ-118м Каліберди Івана Володимировича відповідає вимогам вищої школи.

ж) інші зауваження 1. В спецзавданні не відмічено, що нещодавно почали випускати щіткові полімерно-абразивні інструменти з більш термостійкою полімерною основою (до 250 °C)
2. В економічному розрахунку було б доцільно врахувати можливість одночасної роботи декількох полімерно-абразивних інструментів одночасно.

з) оцінка проекту (роботи) В цілому дипломний проект студентки групи МЗ-118м Каліберди Івана Володимировича заслуговує оцінку «добре»

Рецензію склав старший викладач кафедри ТМБ Вишнепольський Є.В.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

« 04 » грудня 2019 р.

[13:31:32] [REDACTED] Найдено 1% совпадений по адресу: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007942398>

[13:31:41] [REDACTED] Найдено 1% совпадений по адресу:
[https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/42671/1/Ivanov V.O. et al. Shlyahi intensyfikacii vyrobnytsva detalei... \(2015\).pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/42671/1/Ivanov V.O. et al. Shlyahi intensyfikacii vyrobnytsva detalei... (2015).pdf)

[13:31:49] [REDACTED] Найдено 1% совпадений по адресу:
http://www.dgma.donetsk.ua/metod/kmsit/tech_osnast.pdf

[13:31:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №577 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:32:00] [REDACTED] Найдено 1% совпадений по адресу: <http://aapil.ho.ua/index.php/ua/perelik-prats/tezi-dopovidej>

[13:32:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №572 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:32:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №582 [3] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:33:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №587 [3] (200067 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:33:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №592 [3] (200044 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:34:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №597 [3] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:34:39] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №602 [3] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:36:58] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №607 [3] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:38:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №612 [3] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:38:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №617 [3] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:38:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №622 [3] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:40:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №627 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:40:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №632 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:41:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №637 [3] (200055 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:41:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №642 [3] (200070 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №647 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №652 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №657 [3] (200070 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:55] Тип проверки: *Стандартная*

[13:42:55] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 21%)**

[13:42:55] **Уникальность текста 83%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Кемберг 02.12.2019



РЕФЕРАТ

ПЗ: 112 с., 15 рисунків, 40 таблиць, 2 додатка, 23 бібліографічних посилання.

Об'єкт дослідження – шестерня приводу маслоагрегата авіаційного двигуна.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

Мета дипломного проекту – проектування технологічного процесу виготовлення шестерні та дослідження фінішної та слюсарної обробки зубців шестерні щітковим інструментом на основі полімерно-абразивних волокон.

В проекті розроблено заходи, спрямовані на зниження витрат і зменшення часу на виробництво, запропоновано більш раціональне використання обладнання, верстатів з ЧПУ та модулів САПР ТП. Для цього розраховані режими різання, припуски, спроектовані робоче та контрольне пристосування, призначені заходи з автоматизації підготовки виробництва за допомогою доповненої реальності та охорони праці.

Дипломний проект містить основні теоретичні положення, всі необхідні пояснення, розрахункові формули, ескізи і розрахунки за допомогою сучасних комп'ютерних пакетів.

За результатами дослідження можливості використання полімерно-абразивних інструментів для фінішно-оздоблювальної обробки зубчатого вінця опубліковано в матеріалах тез доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем* (м. Чернігів, 14-16 травня 2019 р.) «Застосування полімерно-абразивних щіток на фінішному етапі виготовлення зубчастих коліс і шліцевих валів» із соавторами Є.П. Жутенко та Н.В. Гончар.

ДЕТАЛЬ, ШЕСТЕРНЯ, ЗАГОТОВКА, ОСНАСТКА, ОПЕРАЦІЯ, ВЕРСТАТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	
Вступ	
1 Технологічна частина	
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі	
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	
1.3 Вибір методу отримання заготовки	
1.3.1 Економічне обґрунтування запропонованого варіанту отримання заготовки	
1.4 Вибір баз	
1.5 Проектування плану обробки	
1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	
1.5.2 Проектування маршрутів обробки поверхонь	
1.5.3 Проектування маршруту виготовлення деталі	
1.5.4 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів	
1.6 Проектування операційної технології	
1.6.1 Операція 075 – Токарна з ЧПУ	
1.6.2 Операція 025 – Свердлильна	
1.6.3 Операція 090 – Фрезерна	
1.7 Розробка технологічних операцій для високопродуктивних верстатів з числовим програмним управлінням	
1.7.1 Розробка токарної 075 операції з ЧПУ	
1.7.2 Розробка свердлильної операції 080	
1.7.3 Розробка фрезерної операції 085	
2 Конструкторська частина	
2.1 Конструювання фрезерного пристосування	
2.1.1 Опис конструкції і принципу роботи	
2.1.2 Розрахунок похибки базування	
2.1.3 Розрахунок пристосування на точність	
2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки	
2.1.5 Розрахунок затискного елемента. Вибір приводу і його параметрів	
2.1.6 Розрахунок пристосування на міцність	
2.2 Контрольне пристосування	
2.2.1 Принцип роботи	
2.2.2 Обґрунтування вибору засобу вимірювання	
2.2.3 Розрахунок сумарної похибки вимірювання	
3 Автоматизація підготовки виробництва за допомогою доповненої	

реальності	
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.1 Аналіз потенційних небезпек	
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	
4.4 Заходи з пожежної безпеки	
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	
5 Розрахунок шестерні на міцність та оптимізація конструкції за допомогою модуля NX	
6 Спецзавдання. Застосування полімерно-абразивних щіток для видалення задирок після нарізання елементів зубчастого зачеплення	
7 Оцінка очікуваної економічної ефективності заміни інструмента на слюсарній операції зачистки зубців	
Висновки	
Перелік посилань	
Додаток А. Специфікація робочого верстатного пристосування	
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування.....	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГТД	Газотурбінний двигун
ДСТУ	Держстандарт України
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
КВП	Контрольно-вимірювальні пристрої
ККД	Коефіцієнт корисної дії
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ПАІ	Полимерно-абразивний інструмент
ПАЩ	Полимерно-абразивна щітка
ППТЯ	Послідовність показників точності і якості
ЗВ	Засіб вимірювання
СНиП	Система норм і правил
ТО	Термічна обробка
УП	Управляюча програма
ЧПУ	Числове програмне управління
ГОСТ	Государственный стандарт

ВСТУП

Прогрес в області машинобудування значною мірою визначає розвиток сучасної країни. Удосконалення машин і ресурсозберігаючий напрямок науки і техніки, в свою чергу, висуває нові вимоги до технології виготовлення; скорочення кількості деталей призводить до ускладнення геометричних форм, а тенденція до економії маси обумовлює застосування тонкостінних деталей.

Успішна реалізація конструктивних рішень в основному забезпечується технологією. Технологічні процеси (ТП) мають забезпечувати підвищення продуктивності операцій і якості деталей, вузлів та виробів при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови маршруту обробки, використаного устаткування, інструменту та оснастки, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку поверхонь.

Велике техніко-економічне значення розрахунку операційних розмірів визначається, перш за все, місцем цього етапу в загальній послідовності завдань, що вирішуються при проектуванні ТП, йому передують такі найважливіші етапи, як вибір виду заготовки, технологічних баз, розробка варіантів маршруту виготовлення, а також вибір засобів верстатного та вимірювального оснащення.

В даному дипломному проекті будуть розглядатися всі перераховані вище завдання, які стоять перед сучасним технологом, а також будуть вивчені і запропоновані методи їх вирішення

Шестерня має на ступиці буртики і отвори для уловлювання масла й змащення їм шліцьового з'єднання з гідронасосом.

Порожнина коробки приводів і міжфланцева порожнина приводу розділені ущільненням. Воно складається з двох ущільнень: рухомого, утвореного манжетою, пружиною і конусом, і нерухомого, утвореного заглушкою зі стопорним і ущільнючим кільцями.

Матеріал деталі - високолегована вуглецева сталь, що має в своєму хімічному складі наступні елементи, зазначені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад сталі 14ХГСН2МА-Ш

Хімічний елемент	Fe	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	S	P
Склад, %	основа	0,1-0,16	0,7-1	0,45-7	1,2-1,6	1,6-2	0,25-0,4	0,03-0,06	≤0,025	≤0,025

Дана сталь має наступні фізичні властивості:

- густина $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$;
- модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$;
- коефіцієнт Пуассона $\eta = 0,29$;
- твердість HB260...280;
- межа міцності на розрив $\sigma_B = 1080 \text{ МПа}$.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від величини виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу всі виробництва умовно діляться на одиничне, серійне і масове. У кожного з цих видів технологічний процес має свої характерні особливості, і кожному з них властива певна організаційна форма роботи.

На підставі [1, с. 4] за масою і річною програмою випуску деталі попередньо визначаємо тип виробництва – середньо-серійне.

Визначальним показником типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, який розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} \quad (1.1)$$

де O – кількість деталей-операцій, які виконуються на даній дільниці відповідно до технологічного процесу;

M – кількість робочих місць на дільниці.

На підставі того значення, якому дорівнює коефіцієнт закріплення операцій, можна зробити висновок про те, який тип виробництва приймається остаточно.

Для даної деталі і середньо-серійного типу виробництва обираємо змінно-потокową форму організації робіт виробництва. Послідовність розташування обладнання на дільниці відповідає послідовності операцій технологічного процесу. Деталі передаються від верстата до верстата партіями.

1.3 Вибір методу отримання заготовки

Виходячи з матеріалу і геометрії деталі, її призначення, річної програми вибираємо такі методи отримання заготовки:

- а) штамповка на ГKM (горизонтально-ковочна машина);
- б) штамповка на KГШП (кривошипний гарячештамповочний прес).

При отриманні заготовки для даної деталі не розглядається варіант використання лиття, тому що Сталь 14ХГСН2МА-Ш не володіє достатніми ливарними властивостями, щоб отримати якісну вилітку.

1.3.1 Економічне обґрунтування запропонованого варіанту отримання заготовки

Для пошуку раціонального варіанту використовують наступні критерії економічної доцільності: коефіцієнт використання матеріалу і вартість отримання однієї заготовки.

Вартість отримання заготовки розраховуємо за такою формулою:

$$B = \frac{B_6}{1000} \times Q \times K_T \times K_M \times K_B \times K_3 \times K_{II} - (Q - q) \times \frac{B_{omx}}{1000}, \text{ грн} \quad (1.2)$$

де B_6 – базова вартість 1 т заготовок [2, табл. 1.4, с. 13], грн;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, задана на кресленні, $q = 1,42$ кг;

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$ – коефіцієнти, що враховують, відповідно, клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки і програму випуску, які визначаються за [2, табл. 1.12 – 1.17, с. 16-17];

B_{omx} – вартість 1 т стружки [2, табл. 1.5, стор. 13].

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

При проектуванні заготовки для штамповок призначаються припуски на сторону [2, табл.1.3, с. 12].

На рис. 1.2 і 1.3 зображено ескізи заготовок - штамповок на КГШП і ГKM, відповідно.

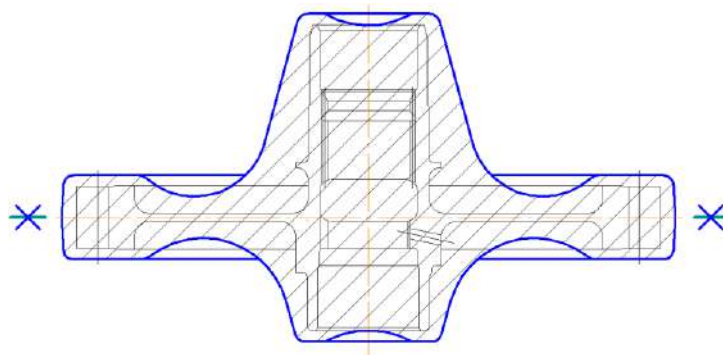


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, отриманої штамповкою на КГШП

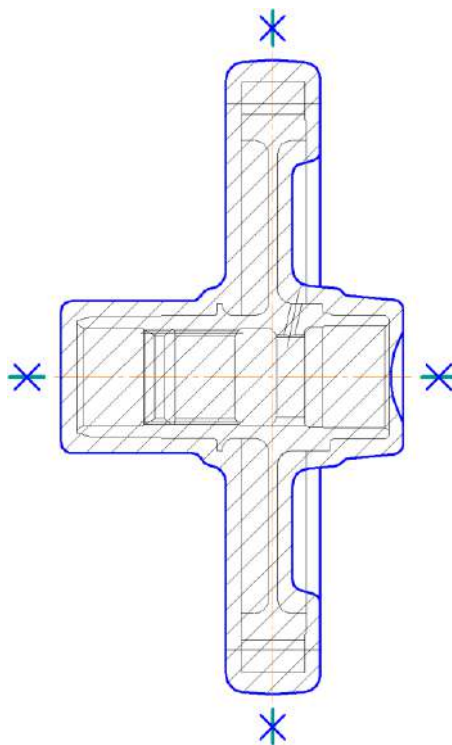


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманої штамповкою на ГKM

Далі розраховуємо показники економічної доцільності для кожного з запропонованих варіантів вибору заготовки, при цьому для кожного виду

заготовки на рис. 1.4 і 1.5 наводяться результати розрахунку її маси. З цією метою було використано програмне забезпечення АСКОН КОМПАС 3D - V12, в якому викреслено тривимірні моделі заготовок.

Штамповка на КГШП

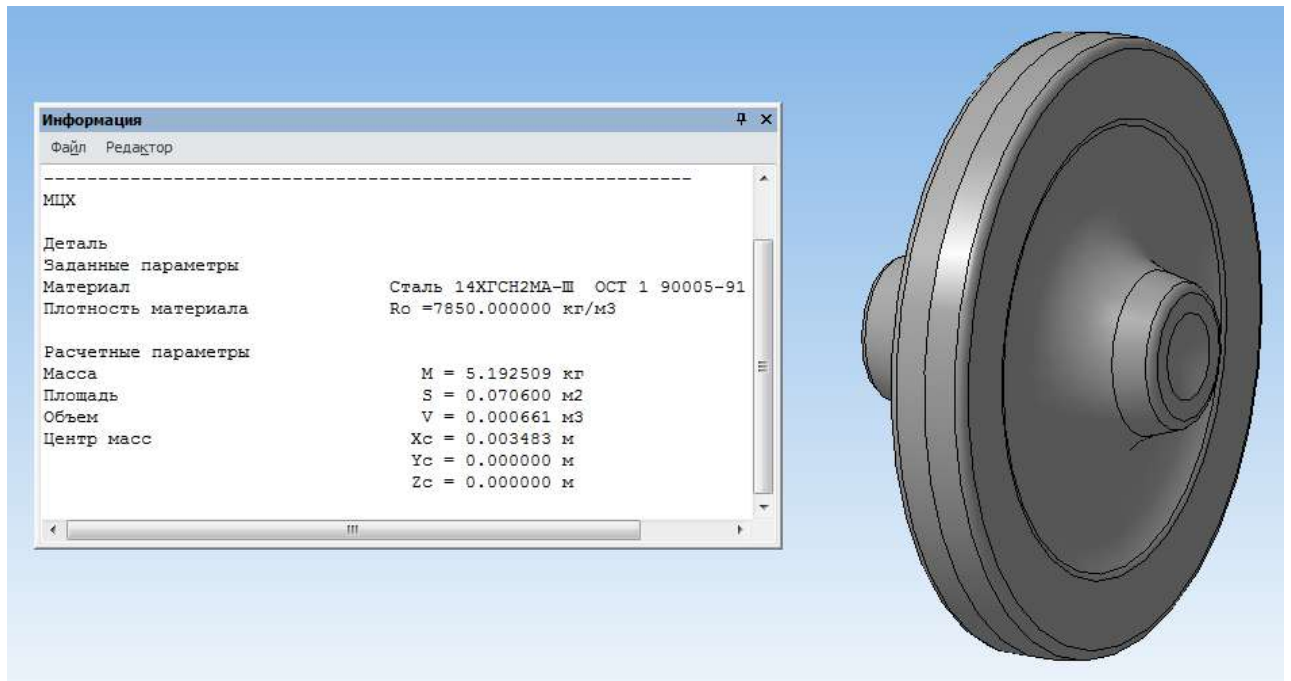


Рисунок 1.4 – Зображення 3D-моделі штамповки на КГШП

Для штамповки на КГШП приймаємо базову вартість 1т заготовок $B_6 = 25000 \text{ грн}$, вартість 1т стружки $B_{отх} = 2000 \text{ грн}$, значення коефіцієнтів $K_T = 0,9$; $K_M = 1,8$; $K_B = 0,9$; $K_3 = 0,89$; $K_{II} = 1$ [2, с. 18]. Маса заготовки $Q_{КГШП} = 5,19 \text{ кг}$.

Вартість отримання однієї заготовки:

$$B_{КГШП} = \frac{25000}{1000} \times 5,19 \times 0,9 \times 1,8 \times 0,9 \times 0,89 \times 1,0 - (5,19 - 1,42) \times \frac{2000}{1000} = 160,83 \text{ грн};$$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\eta_{КГШП} = \frac{1,42}{5,19} = 0,27.$$

Штамповка на ГKM

Базова вартість 1т заготовок $B_6 = 28000 \text{ грн}$, вартість 1т стружки $B_{отх} = 2000 \text{ грн}$, значення коефіцієнтів $K_T = 0,9$; $K_M = 1,8$; $K_B = 0,9$; $K_3 = 0,89$; $K_{II} = 1$ [2, с. 18]. Маса заготовки $Q_{штамп.ГKM} = 5,64 \text{ кг}$.

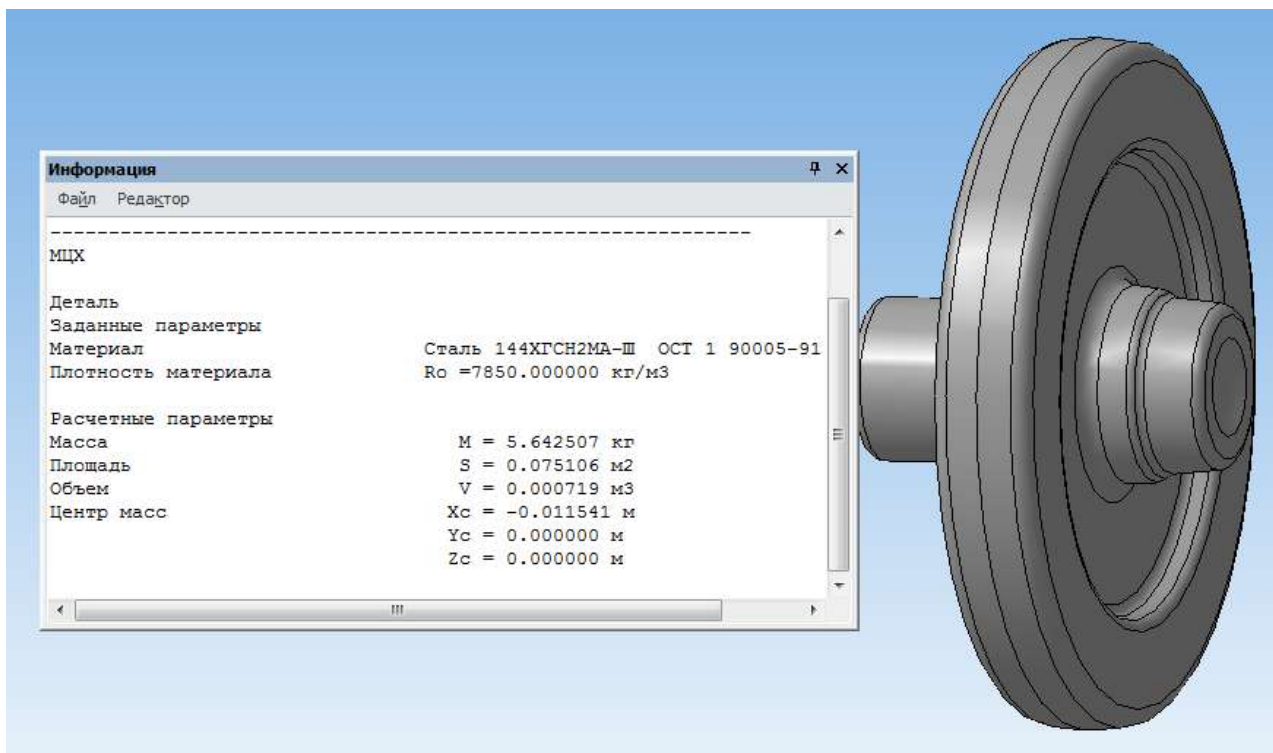


Рисунок 1.5 – Зображення 3D-моделі штамповки на ГKM

Вартість виготовлення однієї заготовки:

$$B_{ГKM} = \frac{28000}{1000} \times 5,64 \times 0,9 \times 1,8 \times 0,9 \times 0,89 \times 1,0 - (5,64 - 1,42) \times \frac{2000}{1000} = 196,48 \text{ грн};$$

Коефіцієнт використання заготовки:

$$\eta_{ГKM} = \frac{1,42}{5,64} = 0,25.$$

Отримані результати занесено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку показників заготовок

Показник	Визначення	Од. вим.	Варіанти заготовок	
			КГШП	ГKM
1	2	3	4	5
Припуск на сторону	Z	мм	2,9	4,2
Маса заготовки	Q	кг	5,19	5,64
Базова вартість 1т заготовок	B_0	грн.	25000	28000

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5
Коефіцієнти	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1,8	1,8
	K_B	-	0,9	0,9
	K_3	-	0,89	0,89
	K_{II}	-	1	1
Вартість 1т стружки	$B_{отх}$	грн.	2000	
Вартість однієї заготовки	B	грн.	160,83	196,48
Коефіцієнт використання заготовки	η	-	0,27	0,25

Остаточним варіантом отримання заготовки вибираємо заготовку - штампування на КГШП, тому що її вартість і коефіцієнт використання матеріалу вище аналогічних показників для штампування на ГKM.

Річний економічний ефект від використання штампування на КГШП:

$$\mathcal{E}_Г = (B_{ГKM} - B_{КГШП}) \cdot N = (196,48 - 160,83) \cdot 2000 = 71300 \text{ грн} \quad (1.4)$$

1.4 Вибір баз

Для вибору баз і подальшого розрахунку маршруту обробки поверхонь складено ескіз деталі з пронумерованими поверхнями, фрагмент якого показано на рис. 1.6.

Основними базовими поверхнями є поверхні №4 та №9, тому що від цих баз здійснюється операція нарізання зубів. Ці бази використовуються при чистовій токарній обробці, а також свердління отворів, фрезерування пазів. Чорнова токарна обробка виконується від базових поверхонь №14 та №15.

Якщо розглядати базування деталі в залежності від типу обробки, вибираємо такі базові поверхні:

- чорнова і чистова токарна обробка: 4, 9, 14, 17, 22;
- нарізання зубів: 4, 9;
- свердління отворів: 1, 2, 23;
- фрезерування пазів: 1, 17, 22, 4, 9;
- зубодовбання: №9, 17;
- шліфування: 24, 33 (деталь закріплюється в центрових оправках);
- зубошліфування: 4, 5.

1.5 Проектування плану обробки

1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі або виробу – це сукупність властивостей, які проявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонту в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту (ГОСТ 18831 73). Технологічнішою конструкцією деталі буде та, яка забезпечить таку ж якість, працездатність, надійність і довговічність при менших витратах матеріалу, меншій трудомісткості і собівартості.

Технологічність конструкції деталі визначають шляхом оцінки якісних ознак технологічності. Для даної деталі цими ознаками є:

1) за [3, с. 272] на підставі групи матеріалу деталі визначаємо коефіцієнт оброблюваності різанням $K_v = 1,2$, який вказує на задовільну оброблюваність;

2) ступінь складності отримання заготовки для даної деталі – складна, тому що деталь являє собою зубчасте колесо з великим перепадом діаметрів і наявністю великого числа виступів, пазів, ступенів;

3) поверхні деталі, як діаметральні, так і торцеві, в основному прості, тобто не потребують складного оснащення для здійснення механічної обробки; є поверхні зі складним профілем, обробка яких виконується на верстатах з ЧПУ;

4) при виконанні механічної обробки даної деталі поверхні, прийняті за технологічні бази, будуть забезпечувати в найбільшій мірі виконання принципів єдності та постійності баз;

5) дана деталь є відносно жорсткою конструкцією, не дивлячись на те, що вона тонкостінна. Однак за рахунок складного профілю зберігається її висока жорсткість при мінімальній масі;

6) конструкція деталі дозволяє вести багатоінструментальну обробку;

7) обробка даної деталі потребує застосування спеціального допоміжного різального інструменту – свердління отворів, розташованих під кутом до осей деталі виконується з використанням спеціального пристрою і кондукторних втулок;

8) при здійсненні механічної обробки різальний інструмент без перешкод

може обробити основні поверхні деталі, що свідчить про зручну обробку поверхонь. Однак деталь має складний внутрішній профіль, що забезпечує міцність при її тонкостінності, що ускладнює процес обробки;

9) дана деталь має мінімальну кількість квалітетів точності поверхонь, при цьому конструкторські розміри в більшості вказані зі стандартними допусками;

10) спостерігається технологічність проставляння конструкторських розмірів на кресленні деталі.

Технологічність конструкції деталі також оцінюється за допомогою наступних кількісних показників:

1) коефіцієнт використання заготовки - розрахований в попередньому розділі пояснювальної записки, для штампування на КГШП дорівнює $\eta = 0,27$. Даний коефіцієнт менший припустимого значення $\eta < 0,8$, що свідчить про не технологічність використання даної заготовки;

2) коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі розраховується за такою формулою:

$$K_{y\varnothing} = \frac{Q_{y\varnothing}}{Q_{\varnothing}} = \frac{38}{45} = 0,84 \quad (1.5)$$

де $Q_{y\varnothing} = 38$ – кількість уніфікованих елементів, тобто тих, обробка яких можлива стандартним інструментом, визначається за кресленням деталі;

$Q_{\varnothing} = 45$ – загальна кількість конструктивних елементів (площини, циліндричні, конічні, фасонні поверхні, різьблення, шліци, галтелі, канавки, фаски і т.д.), визначається за кресленням деталі.

Тому що $K_{y\varnothing} = 0,84 > 0,6$, робимо висновок про технологічність конструкції деталі за даним показником;

3) коефіцієнт точності обробки – визначається за формулою:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (1.6)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності розмірів, проставлених на кресленні, приймає таке значення:

$$A_{cp} = \frac{(5 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 3 + 11 + 12 + 13 \cdot 13 + 14 \cdot 9 + 15 \cdot 9 + 16 + 17 \cdot 2)}{46} = 12,63 \quad (1.7)$$

В результаті отримуємо:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{12,63} = 0,92$$

На підставі того, що $K_{TO} = 0,92 > 0,8$ робимо висновок про технологічність деталі за даним показником;

4) коефіцієнт шорсткості, визначається за такою формулою:

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{CP}} \quad (1.8)$$

де B_{CP} – середнє значення показників шорсткості за кресленням деталі, яке приймає таке значення:

$$B_{CP} = \frac{(0,8 \cdot 3 + 1,6 \cdot 2 + 12,5 + 6,3 \cdot 4 + 3,2 \cdot 39)}{49} = 3,43 \quad (1.9)$$

В результаті отримуємо:

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{CP}} = \frac{1}{3,43} = 0,29$$

На підставі того, що $K_{Ш} = 0,29 < 0,32$, робимо висновок про технологічність деталі за даним показником.

Таким чином, на підставі аналізу якісних і кількісних показників технологічності деталі, можна зробити висновок про те, що дана деталь в цілому є нетехнологічною, з огляду на те, що має складний профіль, є тонкостінним виробом, що має складні конструктивні елементи, такі як циліндричні зубці, елементи шліцьового з'єднання, виступи, внутрішню канавку і складний профіль корпусу. Отже при розробленні маршруту обробки заготовки слід застосовувати верстати з ЧПУ, які дозволять з мінімальними витратами часу сформувати складний профіль даної деталі.

1.5.2 Проектування маршрутів обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) – це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу (ТП) механічної обробки, тому що саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні та інші процеси впливу на поверхню заготовки.

Для проектування маршруту обробки поверхонь на рис. 1.6 зображено ескіз деталі з пронумерованими поверхнями.

Після ретельного вивчення креслення деталі, ескізу прийнятої заготовки, аналізу технічних умов на деталь та заготовку, визначення виду і типу поверхонь, встановлюємо показники точності і якості всіх поверхонь деталі і заготовки.

Показники точності та якості поверхонь визначаємо на підставі:

- допуск на заготовку визначаємо за [4, стор. 146];
- допуск форми поверхні визначаємо за [4, стор. 7];
- значення допуску форми для заготовки дорівнює 30% від допуску на розмір заготовки;
- клас чистоти поверхні деталі та заготовки визначається за [5, стор. 535] на підставі шорсткості поверхні, зазначеної в кресленні.

При цьому слід звернути увагу на те, що обраний спосіб отримання заготовки - штампування нормальної точності на КГШП забезпечує 17-й квалітет точності розмірів, дозволяє отримати шорсткість поверхні. Твердість деталі вказана в кресленні, а твердість заготовки визначається на основі механічних властивостей матеріалу заготовки HB260...280.

Таким чином, отримуємо наступні показники точності та якості поверхонь (табл. 1.3).

У даній роботі розглянуто приклад розрахунку маршруту обробки поверхні для поверхні $4 \pm 0,004^{+0,007}$.

При проектуванні МОП зручно використовувати поняття уточнення, тому що воно дозволяє за дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки. Під уточненням розуміють відношення величини допуску розглянутого показника якості партії заготовок до величини допуску цього ж показника партії деталей.

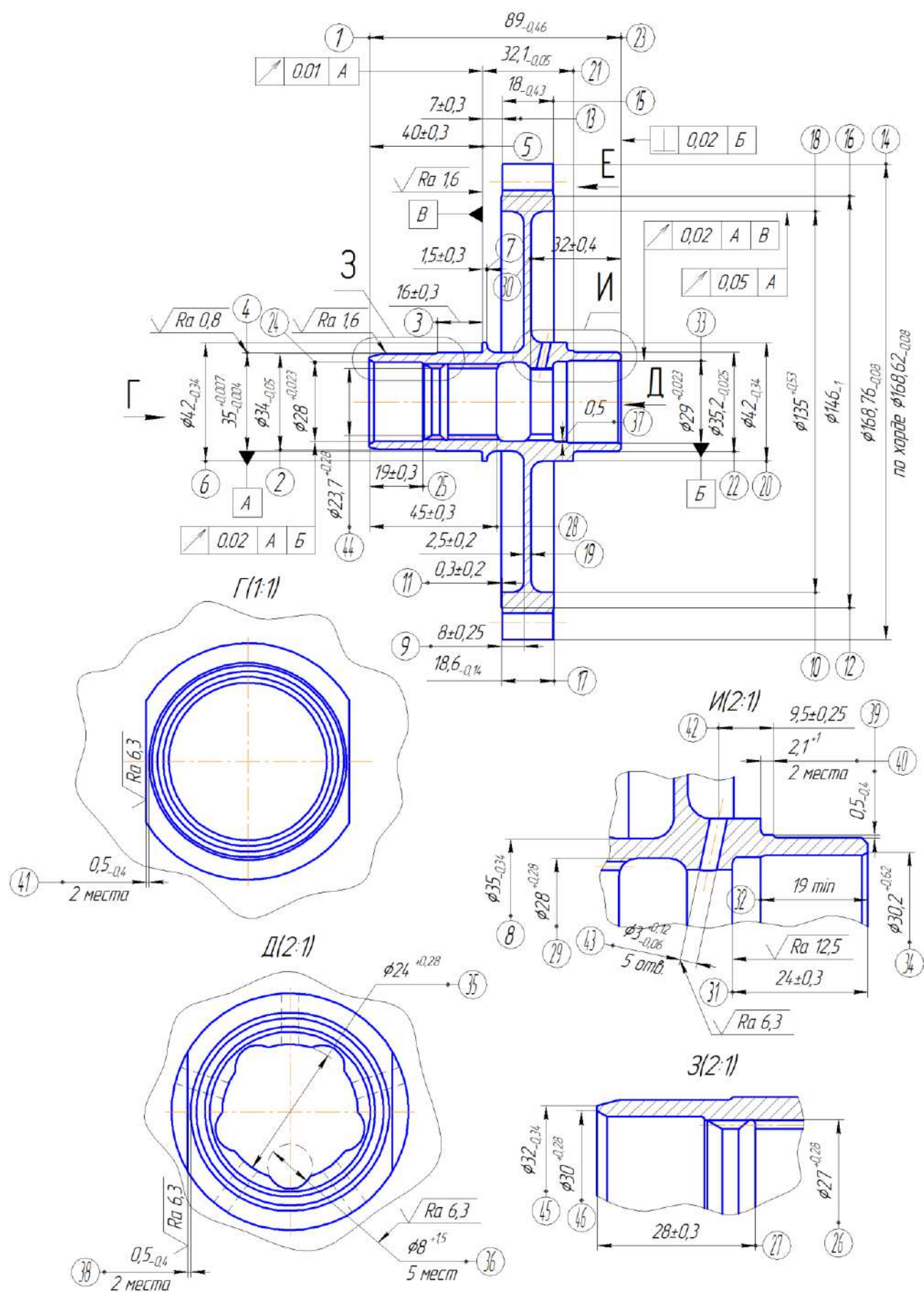


Рисунок 1.6 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Таблиця 1.3 - Показники точності та якості поверхонь деталі

№ поверхні та її основні геометричні розміри	Характер поверхні		Показники точності та якості поверхні							
	Вид	Тип	Квалитет точності		Допуск форми		Шорсткість, Ra		Твердість, HB	
			Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. 89 _{-0,46}	Зовнішня	Торцева	IT13	IT17	0,14	1,05	3,2	50	400	270
2. $\varnothing 34_{-0,05}$	Зовнішня	Циліндр.	IT8	IT17	0,02	0,75	1,6	50	400	270
3. 16 $\pm$ 0,3	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,18	0,54	3,2	50	400	270
4. $\varnothing 35_{-0,004}^{+0,007}$	Зовнішня	Циліндр.	IT5	IT17	0,01	0,75	0,8	50	400	270
5. 40 $\pm$ 0,3	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,01	0,75	1,6	50	400	270
6. $\varnothing 42_{-0,34}$	Зовнішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,10	0,75	3,2	50	400	270
7. 1,5 $\pm$ 0,3	Зовнішня	Торцева	IT16	IT17	0,18	0,3	3,2	50	400	270
8. $\varnothing 35_{-0,34}$	Зовнішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,1	0,75	3,2	50	400	270
9. 8 $\pm$ 0,25	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,15	0,45	3,2	50	400	270
10. $\varnothing 135_{-0,53}^{+0,53}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,05	1,2	3,2	50	400	270
11. 0,3 $\pm$ 0,2	Зовнішня	Торцева	IT16	IT17	0,12	0,3	3,2	50	400	270
12. $\varnothing 146_{-1}$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,3	1,2	3,2	50	400	270
13. 7 $\pm$ 0,3	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,18	0,45	3,2	50	400	270
14. $\varnothing 168,62_{-0,08}$	Зовнішня	Циліндр.	IT8	IT17	0,02	1,2	3,2	50	400	270
15. 18 _{-0,43}	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,13	0,54	3,2	50	400	270
16. $\varnothing 146_{-1}$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,3	1,2	3,2	50	400	270
17. 18,6 _{-0,14}	Зовнішня	Торцева	IT11	IT17	0,05	0,63	3,2	50	400	270
18. $\varnothing 135_{-0,53}^{+0,53}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,05	1,2	3,2	50	400	270
19. 2,5 $\pm$ 0,2	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,12	0,3	3,2	50	400	270
20. $\varnothing 42_{-0,34}$	Зовнішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,1	0,75	3,2	50	400	270
21. 32,1 _{-0,05}	Зовнішня	Торцева	IT8	IT17	0,02	0,75	3,2	50	400	270
22. $\varnothing 35,2_{-0,025}$	Зовнішня	Циліндр.	IT7	IT17	0,01	0,75	3,2	50	400	270
23. 89 _{-0,46}	Зовнішня	Торцева	IT13	IT17	0,02	1,05	3,2	50	400	270
24. $\varnothing 28_{-0,023}^{+0,023}$	Внутрішня	Циліндр.	IT7	IT17	0,02	0,63	3,2	50	400	270
25. 19 $\pm$ 0,3	Внутрішня	Торцева	IT14	IT17	0,18	0,63	3,2	50	400	270
26. $\varnothing 27_{-0,28}^{+0,28}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,08	0,63	3,2	50	400	270
27. 28 $\pm$ 0,3	Внутрішня	Торцева	IT14	IT17	0,18	0,63	3,2	50	400	270
28. 45 $\pm$ 0,3	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,18	0,75	3,2	50	400	270
29. $\varnothing 28_{-0,28}^{+0,28}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,08	0,63	3,2	50	400	270
30. 32 $\pm$ 0,4	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,24	0,75	3,2	50	400	270
31. 24 $\pm$ 0,3	Внутрішня	Торцева	IT14	IT17	0,18	0,63	12,5	50	400	270
32. 19 _{-0,43}	Внутрішня	Торцева	IT14	IT17	0,13	0,63	3,2	50	400	270
33. $\varnothing 29_{-0,023}^{+0,023}$	Внутрішня	Циліндр.	IT7	IT17	0,02	0,63	3,2	50	400	270
34. $\varnothing 30,2_{-0,62}^{+0,62}$	Внутрішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,19	0,75	3,2	50	400	270
35. $\varnothing 24_{-0,28}^{+0,28}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,08	0,63	3,2	50	400	270
36. $\varnothing 8_{-1,5}^{+1,5}$	Внутрішня	Циліндр.	IT17	IT17	0,45	0,45	6,3	50	400	270
37. 0,5 _{-0,25}	Внутрішня	Торцева	IT14	IT17	0,08	0,3	6,3	50	400	270

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38. 0,5 _{-0,4}	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,12	0,3	6,3	50	400	270
39. 0,5 _{-0,4}	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,12	0,3	6,3	50	400	270
40. 2,1 ⁺¹	Внутрішня	Торцева	IT17	IT17	0,3	0,3	6,3	50	400	270
41. 0,5 _{-0,4}	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,12	0,3	6,3	50	400	270
42. 9,5±0,25	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,15	0,45	6,3	50	400	270
43. ø3 _{-0,06} ^{+0,12}	Внутрішня	Циліндр	IT13	IT17	0,05	0,3	6,3	50	400	270
44. ø23,7 ^{+0,28}	Внутрішня	Циліндр	IT13	IT17	0,08	0,63	3,2	50	400	270
45. ø32 _{-0,34}	Зовнішня	Циліндр	IT13	IT17	0,10	0,75	3,2	50	400	270
46. ø30 ^{+0,28}	Внутрішня	Циліндр	IT13	IT17	0,08	0,63	3,2	50	400	270

У даній роботі розраховуємо загальне уточнення за наступними показниками точності і якості поверхні:

- уточнення за допуском:

$$\varepsilon_{d0} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} \quad (1.10)$$

- уточнення за допуском форми:

$$\varepsilon_{\uparrow 0} = \frac{\uparrow_{заг}}{\uparrow_{дет}} \quad (1.11)$$

- уточнення шорсткості:

$$\varepsilon_{Ra0} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} \quad (1.12)$$

Дані уточнення розраховуються для кожної поверхні деталі. При цьому, аналізуючи отримані результати уточнень за показниками точності та якості, визначаємо превалюючий показник. За цим показником будемо розраховувати і відповідно призначати кількість переходів механічної обробки за такою формулою:

$$K_{расч} = 2 \lg \varepsilon \quad (1.13)$$

де ε – максимальне уточнення з розрахованих уточнень за показниками

точності і якості поверхні.

Для поверхні 4 отримуємо:

$$\varepsilon_{d0} = \frac{2,5}{0,011} = 227,27$$

$$\varepsilon_{\uparrow 0} = \frac{0,75}{0,01} = 75$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

$$K_{розр} = 2 \lg 227,27 = 4,71$$

Приймаємо кількість переходів $K = 4$.

За отриманими результатами складаємо технологічну послідовність показників точності та якості поверхонь (ППТЯ).

ППТЯ - це технологічно і економічно обґрунтована послідовність якості поверхні від стану заготовки до стану деталі. Для складання ППТЯ знаходимо різницю квалітетів в деталі і заготовці за превалюючим показником точності та якості поверхні, а потім цю різницю розподіляємо між прийнятою кількістю переходів механічної обробки за законом прогресивного спадання для кожної поверхні. Для поверхні №4 отримуємо:

$$\Delta_{кв} = IT17 - IT5 = 12$$

$$12 = 4 + 3 + 3 + 2$$

$$IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow h7 \Rightarrow IT5$$

За отриманими результатами розрахунків складаємо маршрут обробки кожної поверхні у вигляді послідовності операцій механічної обробки (табл. 1.4).

За [6, стор. 22] відповідно до розробленої ППТЯ призначаємо методи механічної обробки для кожної поверхні.

Поверхня №4:

- 1) чорнове точіння;
- 2) чистове точіння;
- 3) термообробка;
- 4) шліфування;
- 5) тонке шліфування.

За [4, стор. 7], [4, стор. 192] і [6, стор. 22] призначаємо допуски за переходами відповідно до ППТК, допуски форми та шорсткість. Призначені допуски заносимо в табл. 1.4. За призначеними допусками на розмір, форму і шорсткість, розраховуємо уточнення за переходами для кожної з обраних поверхонь за наступними формулами:

$$\varepsilon_{di} = \frac{Td_{i-1}}{Td_i} \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{\uparrow i} = \frac{\uparrow_{i-1}}{\uparrow_i} \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{Rzi} = \frac{Ra_{i-1}}{Ra_i} \quad (1.16)$$

де $Td_i, \uparrow_i, Ra_i$ – відповідно допуск на розмір, допуск форми і шорсткість поточного етапу обробки поверхні, для якого розраховується уточнення;

$Td_{i-1}, \uparrow_{i-1}, Ra_{i-1}$ – відповідно допуск на розмір, допуск форми і шорсткість попереднього етапу обробки поверхні;

Після підрахунку всіх уточнень, для кожного виду допуску (для кожної поверхні) перемножуємо усі уточнення за операціями, результат заносимо в табл. 1.4. Після чого порівнюємо значення загального уточнення з отриманими добутками уточнень за переходами.

Оскільки загальне уточнення дорівнює добутку всіх уточнень за переходами для кожної поверхні, робимо висновок щодо правильності виконаних розрахунків.

Отримані результати заносимо в табл. 1.4.

1.5.3 Проектування маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) - це загальний план, в якому на основі компонування раніше розроблених МОП встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказано тип і модель верстата, встановлено технологічні комплекси, розроблено схеми установок, наведено вхідні та вихідні характеристики оброблюваних поверхонь тощо.

Дослідивши креслення деталі і технічні умови, а також прийнявши за основу раніше розроблені МОП на всі поверхні, складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки елементарних поверхонь

Характер та показники якості поверхні деталі та заготовки		j	ε_{jo}	Кількість переходів K		Різність показателів ППТЯ	МОП		Допуск			Уточнення		
Деталь	Заготовка			розрах.	пр.		i	Метод обробки	d	↑	Ra	d	↑	Ra
Пов. №1 Зовнішня. Торцева Ø9h13 _{-0,46}		D	7,6			Ra 50 → Ra 6,3 → Ra 3,2	1	Заготівельна	3,5	1,05	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,46	0,25	6,3	7,6	4,2	7,94
							3	Токарн. чист.	0,46	0,14	3,2	1	1,79	1,97
							4	Терм. обр.	0,46	0,14	3,2	1	1	1
												7,6	7,5	15,63
Допуск форми ↑0,14 Шорсткість Ra 3,2 Клас якості v5 Твердість HB 400	Tl = 3,5 Допуск форми ↑1,05 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	7,5	2,38	2	IT17 → h13 → h10 → h8	1	Заготівельна	2,5	0,75	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,39	0,3	6,3	6,41	2,5	7,94
							3	Токарн. чист.	0,1	0,05	3,2	3,9	6	1,97
							4	Терм. обр.	0,1	0,05	3,2	1	1	1
							5	Шліфування	0,05	0,02	1,6	2	2,5	2
Пов. №2 Зовнішня. Циліндрична Ø34h8 _{-0,05}		D	50			IT17 → h13 → h10 → h8						7,6	7,5	15,63
Допуск форми ↑0,02 Шорсткість Ra 1,6 Клас якості v6 Твердість HB 400	Td = 2,5 Допуск форми ↑0,75 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	37,5	3,4	3	IT17 → h13 → h10 → h8	1	Заготівельна	2,5	0,75	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,39	0,3	6,3	6,41	2,5	7,94
							3	Токарн. чист.	0,1	0,05	3,2	3,9	6	1,97
							4	Терм. обр.	0,1	0,05	3,2	1	1	1
							5	Шліфування	0,05	0,02	1,6	2	2,5	2
Пов. №3 Зовнішня. Торцева 16js15±0,3		D	3			Ra 50 → Ra 6,3 → Ra 3,2								
							1	Заготівельна	1,8	0,54	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,6	0,3	6,3	3	1,8	7,94
							3	Токарн. чист.	0,6	0,18	3,2	1	1,67	2
							4	Терм. обр.	0,6	0,18	3,2	1	1	1
Допуск форми ↑0,18 Шорсткість Ra 3,2 Клас якості v5 Твердість HB 400	Tl = 1,8 Допуск форми ↑0,54 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	3	2,38	2	IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5						3	3	15,63
Пов. №4 Зовнішня. Циліндрична Ø35 _{-0,004} ^{+0,007}		D	227,27			IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5	1	Заготівельна	2,5	0,75	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,39	0,25	6,3	6,41	3	7,94
							3	Токарн. чист.	0,1	0,05	3,2	3,9	5	1,97
							4	Терм. обр.	0,1	0,02	1,6	1	2,5	2
							5	Шліфування	0,025	0,02	1,6	4	1	1
Допуск форми ↑0,01 Шорсткість Ra 0,8 Клас якості v7 Твердість HB 400	Td = 2,5 Допуск форми ↑0,75 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	75	4,71	4	IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5	6	Тонке шліфув.	0,011	0,01	0,8	2,27	2	2
												227,27	75	62,5
Пов. №5 Зовнішня. Торцева 40js14±0,3		D	4,17			↑0,75 → ↑0,3 → ↑0,05 → ↑0,01	1	Заготівельна	2,5	0,75	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,6	0,3	6,3	4,17	2,5	7,94
							3	Токарн. чист.	0,6	0,05	3,2	1	6	1,97
							4	Терм. обр.	0,6	0,05	3,2	1	1	1
							5	Шліфування	0,6	0,01	1,6	1	5	2
Допуск форми ↑0,01 Шорсткість Ra 1,6 Клас якості v6 Твердість HB 400	Tl = 2,5 Допуск форми ↑0,75 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	75	3,75	3	IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5						4,17	75	31,25
Пов. №6 Зовнішня. Циліндрична Ø42h13 _{-0,34}		D	7,35			Ra 50 → Ra 6,3 → Ra 3,2	1	Заготівельн.	2,5	0,75	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,34	0,3	6,3	7,35	2,5	7,94
							3	Токарн. чист.	0,34	0,1	6,3	1	3	1,97
							4	Терм. обр.	0,34	0,1	3,2	1	1	1
												7,35	7,5	15,63
Допуск форми ↑0,1 Шорсткість Ra 3,2 Клас якості v5 Твердість HB 400	Td = 2,5 Допуск форми ↑0,75 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	7,5	2,38	2	IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5								
Пов. №22 Зовнішня. Циліндрична Ø35,2h7 _{-0,025}		D	100			IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5	1	Заготівельна	2,5	0,75	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,39	0,3	6,3	6,41	2,5	7,94
							3	Токарн. чист.	0,1	0,05	3,2	3,9	6	1,97
							4	Терм. обр.	0,1	0,05	3,2	1	1	1
							5	Шліфування	0,025	0,01	3,2	4	5	2
Допуск форми ↑0,01 Шорсткість Ra 3,2 Клас якості v5 Твердість HB 400	Td = 2,5 Допуск форми ↑0,75 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	75	4	3	IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5						100	75	15,63
Пов. №46 Внутрішня. Циліндрична Ø30H13 ^{+0,28}		D	7,5			Ra 50 → Ra 6,3 → Ra 3,2	1	Заготівельна	2,1	0,63	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,28	0,3	6,3	7,55	2,1	7,94
							3	Токарн. чист.	0,28	0,08	3,2	1	3,75	1,97
							4	Терм. обр.	0,28	0,08	3,2	1	1	1
												7,5	7,88	15,63
Допуск форми ↑0,08 Шорсткість Ra 3,2 Клас якості v5 Твердість HB 400	Td = 2,1 Допуск форми ↑0,63 Шорсткість Ra 50 Клас якості v1 Твердість HB 270	↑	7,88	2,38	2	IT17 → h13 → h10 → h7 → IT5								

Дана етапна схема складається з наступних елементів:

- отримання заготовки - штампування на КГШП;
- термічна обробка - нормалізація;
- механічна чорнова і чистова обробка;
- термічна обробка - гартування, відпуск;
- шліфування - попереднє і остаточне;
- мийка;
- контроль.

Відповідно до даної етапної схеми з урахуванням раніше розроблених МОП основних поверхонь шляхом компонування складаємо маршрут виготовлення деталей у вигляді плаката з таблицею.

Подальші етапи розрахунку показано на прикладі наступних операцій:

- оп. 025 - свердлильна;
- оп. 075 - токарна зі ЧПУ;
- оп. 090 - фрезерна.

Призначаємо наступні технологічні бази:

- для свердлильної операції 025 - поверхні №4, 11;
- для токарної операції 075 з ЧПУ - поверхні №11, 22;
- для фрезерної операції 090 - поверхні №4, 11, 17.

Вибір технологічного обладнання передбачає підбір необхідних верстатів, на яких можливо провести механічну обробку даної деталі на підставі розроблюваного ТП. За паспортними даними верстатів, зазначених у [7, стор. 7] та [8, стор. 164], виходячи з виду обробки і габаритних розмірів деталі, підібраний модельний ряд верстатів, зазначений в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Модельний ряд верстатів

Операція	Тип та модель верстата
Свердлильна 025	Вертикально-свердлильний 2М112
Токарна з ЧПУ 075	Токарний п/а АТПр-2М12СН
Фрезерна 090	Горизонтально-фрезерний 6Р80

За [9, стор. 70] та [7, стор. 111] призначається ріжучий інструмент, необхідний для здійснення механічної обробки даної деталі. Основні параметри даного інструменту і його технічні характеристики зведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Ріжучий інструмент. Технічні характеристики

Вид обробки	Найменування	Матеріал ріжуч. частини	Геометрія	ГОСТ	Кількість
Сверлильна 025	Свердло	P18	$\alpha = 10^\circ$; $\omega = 25^\circ$; $2\phi = 118^\circ$; $f = 0,2$	10903-77	1
Токарна з ЧПУ 075	Різець прохідний зі змінними багатограними пластинами	T15K6	$\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $f = 0,2$; $r = 1,0$; $\phi = 93^\circ$; $\phi_1 = 10^\circ$	20872-80	1
	Різець прохідний зі змінними багатограними пластинами	T15K6	$\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $f = 0,2$; $r = 4,0$; $\phi = 90^\circ$; $\phi_1 = 0^\circ$	18882-73	2
Фрезерна 090	Дискова фреза	P18	$\gamma = -5^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\alpha_1 = 4^\circ$; $\phi_1 = 4^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $z = 22$; $D = 125$ мм	2679-93	2

1.5.4 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів

Припуск - це шар матеріалу, що містить різні дефекти, які не допустимі за умовами службового призначення, і які необхідно усунути з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні. Припуск слід розглядати як компенсатор похибок попередніх переходів механічної обробки.

Призначення припусків здійснюється аналітичним і табличним методами. За призначеними припусками розраховуємо виконавчі розміри деталі за переходами механічної обробки, відповідно до раніше розроблених МОП.

Розрахунок технологічних розмірів для поверхні №22 $\varnothing 35,2_{-0,025}$ (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Розрахунок технологічних розмірів аналітичним методом

Номер поверхні та її характер	МОП		Елементи припуску				Розрахункові		Допуск Td_i	Граничні розміри		Граничний припуск		Виконавчий технологічний розмір
	i	Метод обробки	Rz	h	ρ	ϵ	$2Z_i^{\min}$	$d_i^{\min}$		$d_i^{\max}$	$d_i^{\min}$	$2Z_i^{\max}$	$2Z_i^{\min}$	
№22 $\varnothing 35,2_{-0,025}$	1	Заготовка	250	250	50,7	625	-	36,645	2,5	39,145	36,645	-	-	$\varnothing 37,645_{(-1,1)}^{+1,5}$
	2	Чорн. точіння	50	50	3	37,5	1,1	35,545	0,39	35,935	35,545	3,21	1,1	$\varnothing 35,935h13_{(-0,39)}$
	3	Чист. точіння	20	20	2	25	0,25	35,295	0,1	35,395	35,295	0,54	0,25	$\varnothing 35,395h10_{(-0,1)}$
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	10	15	1,5	18,8	0,12	35,175	0,025	35,2	35,175	0,195	0,12	$\varnothing 35,2h7_{(-0,025)}$

При призначенні припусків аналітичним методом, розраховуються такі його елементи:

- шорсткість Rz , визначається для кожного переходу механічної обробки і призначається за [4, стор. 186];

- висота дефектного шару металу h , визначається для кожного переходу за [4, стор. 186-187];

- просторові відхилення заготовки ρ , визначаються за такою формулою:

$$\rho = \Delta_n \cdot l, \text{мкм} \quad (1.17)$$

де Δ_n – відхилення розташування поверхонь поковок, визначається за [4, стор. 187];

l – довжина розміру, на який призначається припуск, визначається за кресленням;

ρ – просторові відхилення заготовки на проміжних етапах обробки визначаються за формулою:

$$\rho_i = K_y \cdot \rho_1, \text{мкм} \quad (1.18)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, визначається за [4, стор. 190];

ρ_1 – просторове відхилення заготовки.

ε_y – похибка установки заготовки, визначається за такою формулою:

$$\varepsilon_y = 0,25\sqrt{Td^2 + 1}, \text{мкм} \quad (1.19)$$

де Td – допуск заготовки, визначається за [4, стор. 146];

ε_y – похибка установки за переходами механічної обробки визначається аналогічно просторовим відхиленнями за формулою (1.19).

Таким чином, для поверхні 22 призначаємо такі елементи припуску:

– заготовка:

$$Rz250 \text{мкм}, h = 250 \text{мкм}, \rho = \Delta_n \cdot l = 3 \cdot 16,9 = 50,7 \text{мкм}, \varepsilon_y = 0,25 \cdot \sqrt{2500^2 + 1} = 625 \text{мкм},$$

– при чорновому точінні:

$$Rz50 \text{мкм}, h = 50 \text{мкм}, \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 50,7 = 3 \text{мкм}, \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,06 \cdot 625 = 37,5 \text{мкм},$$

– при чистовому точінні:

$$Rz20 \text{мкм}, h = 20 \text{мкм}, \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,04 \cdot 50,7 = 2 \text{мкм}, \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,04 \cdot 625 = 25 \text{мкм},$$

– при шліфуванні:

$$Rz10 \text{мкм}, h = 15 \text{мкм}, \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,03 \cdot 50,7 = 1,5 \text{мкм}, \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,03 \cdot 625 = 18,8 \text{мкм},$$

Отримані результати заносимо в табл. 1.7.

Після призначення елементів припуску розраховуємо мінімальний припуск на механічну обробку за переходами за наступною формулою:

$$2Z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \text{мкм} \quad (1.20)$$

де $Rz_{i-1}, h_{i-1}, \rho_{i-1}, \varepsilon_i$ – елементи припуску, розраховані вище.

В результаті отримуємо такі значення мінімального припуску за переходами:

$$2Z_5^{\min} = 2 \left(Rz_3 + h_3 + \sqrt{\rho_3^2 + \varepsilon_5} \right) = 2 \left(20 + 20 + \sqrt{2^2 + 18,8^2} \right) = 120_{\text{мкм}};$$

$$2Z_3^{\min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{3^2 + 25^2} \right) = 250_{\text{мкм}};$$

$$2Z_2^{\min} = 2 \left(250 + 250 + \sqrt{50,7^2 + 37,5^2} \right) = 1100_{\text{мкм}}.$$

Розраховуємо виконавчі розміри заготовки за переходами. В даному розділі розрахунок виконавчих розмірів проводимо в наступній послідовності:

1) розрахунок мінімального діаметра валу за переходами виконуємо за формулою:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2Z_{i+1}^{\min}, \text{ мм} \quad (1.21)$$

де $d_{i+1}^{\min}$ – мінімальний діаметр подальшого переходу;

$2Z_{i+1}^{\min}$ – мінімальний припуск подальшого переходу.

Мінімальний діаметр деталі розраховуємо за формулою:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{ном}} + eid_5 = 35,2 - 0,025 = 35,175_{\text{мм}} \quad (1.22)$$

де $d_5^{\text{ном}} = 35,2_{\text{мм}}$ – номінальний діаметр поверхні №22, вказаний на кресленні;

$eid_5 = -0,025_{\text{мм}}$ – граничне нижнє відхилення розміру поверхні №22, наведено на кресленні деталі.

Таким чином, отримуємо такі значення мінімальних діаметрів по переходах:

$$d_3^{\min} = d_5^{\min} + 2Z_5^{\min} = 35,175 + 0,12 = 35,295_{\text{мм}}$$

$$d_2^{\min} = 35,295 + 0,25 = 35,545_{\text{мм}}$$

$$d_1^{\min} = 35,545 + 1,1 = 36,645_{\text{мм}}$$

2) визначення граничних розмірів заготовки по переходах здійснюється за формулою:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i, \text{ мм} \quad (1.23)$$

де Td_i – величина допуску на розмір за переходами механічної обробки, призначається за [4, стор. 192] і заноситься в табл. 1.7.

Отримуємо наступні граничні розміри заготовки за переходами:

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + Td_5 = 35,175 + 0,025 = 35,2_{мм}$$

$$d_3^{\max} = 35,295 + 0,1 = 35,395_{мм}$$

$$d_2^{\max} = 35,545 + 0,39 = 35,935_{мм}$$

$$d_1^{\max} = 36,645 + 2,5 = 39,145_{мм}$$

3) визначаємо граничні значення припусків за переходами за такими формулами:

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max}, мм \quad (1.24)$$

$$2Z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\min}, мм \quad (1.25)$$

Тут також розраховуються значення мінімальних припусків, які були призначені раніше. Рівність призначених і розрахованих мінімальних припусків свідчить про правильність виконаних розрахунків.

$$2Z_5^{\max} = d_3^{\max} - d_5^{\max} = 35,395 - 35,2 = 0,195_{мм}$$

$$2Z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\max} = 35,935 - 35,395 = 0,54_{мм}$$

$$2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\max} = 39,145 - 35,935 = 3,21_{мм}$$

$$2Z_5^{\min} = d_3^{\min} - d_5^{\min} = 35,295 - 35,175 = 0,12_{мм}$$

$$2Z_3^{\min} = d_2^{\min} - d_3^{\min} = 35,545 - 35,295 = 0,25_{мм}$$

$$2Z_2^{\min} = d_1^{\min} - d_2^{\min} = 36,645 - 35,545 = 1,1_{мм}$$

Для перевірки правильності виконаних розрахунків, перевіряємо виконання наступної рівності:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{заг} - Td_{дет} \quad (1.26)$$

де $2Z_0^{\max}, 2Z_0^{\min}$ – відповідно сума максимальних і сума мінімальних припусків.

Таким чином:

$$0,195 + 0,54 + 3,21 - 0,12 - 0,25 - 1,1 = 2,5 - 0,025$$

$$2,475 = 2,475 \Rightarrow \text{умови виконуються}$$

Умови перевірки розрахунків виконуються – тому далі розраховуємо виконавчі розміри.

Виконавчі розміри на деталь задано на кресленні. Виконавчі розміри проміжних етапів ставляться за максимальним розміром з відхиленням по "h" для валів або щодо мінімального розміру з відхиленням по "H" для отворів згідно з раніше розробленими ППТЯ.

Номінальний розмір заготовки розраховується за формулою:

$$d_{ном} = d_{min} + eid = d_{max} - esd = 36,645 + 1 = 39,145 - 1,5 = 37,645 \text{ мм} \quad (1.27)$$

Виконавчі розміри за переходами:

- заготовка $\phi 37,645 \begin{smallmatrix} +1,5 \\ -1 \end{smallmatrix}$;
- чорнове точіння $\phi 35,935 h13 \begin{smallmatrix} -0,39 \end{smallmatrix}$;
- чистове точіння $\phi 35,395 h10 \begin{smallmatrix} -0,1 \end{smallmatrix}$;
- шліфування $\phi 35,2 h7 \begin{smallmatrix} -0,025 \end{smallmatrix}$.

Розрахунок технологічних розмірів для поверхні №4 $\phi 35IT5 \begin{smallmatrix} +0,007 \\ -0,004 \end{smallmatrix}$.

Табличний метод призначення припусків з застосуванням коефіцієнта уточнення γ_i полягає в призначенні загального припуску на оброблювану поверхню за довідковими таблицями, а потім цей припуск розподіляється за переходами механічної обробки в порядку зменшення.

Для даної поверхні №4 призначаємо загальний припуск за [10, стор. 248], який чисельно дорівнює $2Z_o = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ мм}$.

Значення припуску на перехід розраховуємо за формулою:

$$2Z_i = 2Z_o \cdot \gamma, \text{ мм} \quad (1.28)$$

де γ – поправний коефіцієнт, який вказує частину від загального припуску на операцію. Значення даних коефіцієнтів наступні:

$$\gamma_{\text{чЕРН.ТОЧ.}} = 0,65 \dots 0,75$$

$$\gamma_{\text{ЧИСТ.ТОЧ.}} = 0,15 \dots 0,25$$

$$\gamma_{\text{ШЛИФОВ.}} = 0,05 \dots 0,1$$

$$\gamma_{\text{ТОНК.ШЛИФ.}} = 0,01 \dots 0,05$$

Таким чином, отримуємо такі значення припусків за переходами відповідно до МОП:

$$2Z_{\text{ЧЕРН.ТОЧ.}} = 2Z_O \cdot \gamma_{\text{ЧЕРН.ТОЧ.}} = 5 \cdot 0,65 \approx 3,2 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{ЧИСТ.ТОЧ.}} = 2Z_O \cdot \gamma_{\text{ЧИСТ.ТОЧ.}} = 5 \cdot 0,2 \approx 1,0 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{ШЛИФОВ.}} = 2Z_O \cdot \gamma_{\text{ШЛИФОВ.}} = 5 \cdot 0,1 \approx 0,5 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{ТОНК.ШЛИФ.}} = 2Z_O \cdot \gamma_{\text{ТОНК.ШЛИФ.}} = 5 \cdot 0,05 \approx 0,3 \text{ мм}$$

Готуємо розрахункову таблицю (табл. 1.8), в яку заносимо отримані результати.

Розраховуємо виконавчі розміри заготовки за переходами в аналогічній послідовності при розрахунку виконавчих розмірів на дану поверхню методом розмірних ланцюгів. В основу методу покладено розмірний зв'язок технологічного розміру з іншими розмірами, що утворюють замкнутий контур.

Таблиця 1.8 - Розрахунок технологічних розмірів табличним методом

Номер поверхні та її характер	МОП		Елементи припуску				Розрахункові		Допуск Td_i	Граничні розміри		Граничний припуск		Виконавчий технологічний розмір
	i	Метод обробки	R _z	h	ρ	ε	$2Z_{i \min}$	$d_{i \min}$		$d_{i \max}$	$d_{i \min}$	$2Z_{i \max}$	$2Z_{i \min}$	
№4 Ø 35 ^{+0,007} _{-0,004}	1	Заготовка	-	-	-	-	-	43,0 22	2,5	43,0 22	40,5 22	-	-	Ø 42 ^{+1,5} _{-1,1}
	2	Чорн. точіння	-	-	-	-	3,2	37,3 22	0,39	37,3 22	36,9 32	6,09	3,2	Ø 37,3h13 _(-0,39)
	3	Чист. точіння	-	-	-	-	1,0	35,9 32	0,1	35,9 32	35,8 32	1,49	1,0	Ø 35,9h10 _(-0,1)
	4	Термічна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	-	-	-	-	0,5	35,3 22	0,02 5	35,3 22	35,3 07	0,63 5	0,5	Ø 35,3h7 _(-0,025)
	6	Тонк. шліф.	-	-	-	-	0,3	35,0 07	0,01 1	35,0 07	34,9 96	0,32 6	0,3	Ø 35 ^{+0,007} _{-0,004}

Розраховуємо виконавчі розміри заготовки за переходами в наступній послідовності:

1) розрахунок максимального діаметра вала за переходами відбувається за наступною формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2Z_{i+1}^{\min} + Td_i, \text{ мм} \quad (1.29)$$

де $d_{i+1}^{\max}$ – максимальний діаметр заготовки наступного переходу;

$2Z_{i+1}^{\min}$ – мінімальний припуск на наступний перехід механічної обробки;

Td_i – допуск на діаметр поточного переходу.

Максимальний діаметр деталі розраховуємо за формулою:

$$d_6^{\max} = d_6^{\text{ном}} + esd_6 = 35 + 0,007 = 35,007 \text{ мм} \quad (1.30)$$

де $d_6^{ном} = 35\text{мм}$ – номінальний діаметр поверхні №16, вказаний на кресленні;

$esd_6 = 0,007\text{мм}$ – граничне верхнє відхилення розміру поверхні №16, наведено на кресленні деталі.

Таким чином, отримуємо наступні значення максимальних діаметрів за переходами:

$$d_5^{\max} = d_6^{\max} + 2Z_6^{\min} + Td_5 = 35,007 + 0,3 + 0,025 = 35,332$$

$$d_3^{\max} = 35,332 + 0,5 + 0,1 = 35,932\text{мм}$$

$$d_2^{\max} = 35,932 + 1 + 0,39 = 37,322\text{мм}$$

$$d_1^{\max} = 37,322 + 3,2 + 2,5 = 43,022\text{мм}$$

2) визначення граничних розмірів заготовки за переходами за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i, \text{мм} \quad (1.31)$$

$$d_6^{\min} = d_6^{\max} - Td_6 = 35,007 - 0,011 = 34,996\text{мм}$$

$$d_5^{\min} = 35,322 - 0,025 = 35,297\text{мм}$$

$$d_3^{\min} = 35,932 - 0,1 = 35,832\text{мм}$$

$$d_2^{\min} = 37,322 - 0,39 = 36,932\text{мм}$$

$$d_1^{\min} = 43,022 - 2,5 = 40,522\text{мм}$$

3) визначаємо граничні значення припусків за переходами:

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min}, \text{мм} \quad (1.32)$$

$$2Z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\max}, \text{мм} \quad (1.33)$$

$$2Z_6^{\max} = d_5^{\max} - d_6^{\min} = 35,332 - 34,996 = 0,326\text{мм}$$

$$2Z_5^{\max} = 35,932 - 35,297 = 0,635\text{мм}$$

$$2Z_3^{\max} = 37,322 - 35,832 = 1,49\text{мм}$$

$$2Z_2^{\max} = 43,022 - 36,932 = 6,09\text{мм}$$

$$2Z_6^{\min} = d_5^{\min} - d_6^{\max} = 35,297 - 35,007 = 0,29\text{мм}$$

$$2Z_5^{\min} = 35,832 - 35,332 = 0,5\text{мм}$$

$$2Z_3^{\min} = 36,932 - 35,932 = 1,0\text{мм}$$

$$2Z_2^{\min} = 40,522 - 37,322 = 3,2\text{мм}$$

Для перевірки правильності виконаних розрахунків, перевіряємо рівність:

$$TZ_0 = 2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.34)$$

де $2Z_0^{\max}, 2Z_0^{\min}$ – визначаються за формулами:

$$2Z_0^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_{дет}^{\min}, мм \quad (1.35)$$

$$2Z_0^{\min} = d_{заг}^{\min} - d_{дет}^{\max}, мм \quad (1.36)$$

де $d_{заг}^{\max}, d_{дет}^{\min}, d_{заг}^{\min}, d_{дет}^{\max}$ – максимальні і мінімальні розміри заготовки і деталі.

Таким чином:

$$2Z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} = 43,022 - 34,996 = 8,026 мм$$

$$2Z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} = 40,522 - 35,007 = 5,515 мм$$

$$8,026 - 5,515 = 2,5 + 0,011$$

$$2,511 = 2,511 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Тому що умови перевірки розрахунків виконуються - розраховуємо виконавчі розміри. Виконавчі розміри проміжних етапів ставляться щодо максимального розміру з відхиленням по "h".

Виконавчі розміри на заготовку ставляться як номінальні розміри заготовки з відхиленнями, заданими в маршруті обробки поверхонь (МОП).

Номінальний розмір заготовки розраховується за формулою (1.27):

$$d_{ном} = d_{\min} + eid = d_{\max} - esd = 40,522 + 1 = 43,022 - 1,5 = 41,522 мм$$

Виконавчі розміри за переходами:

- заготовка $\phi 42_{-1,1}^{+1,5}$;
- чернове точіння $\phi 37,3 h13_{-0,39}$;
- чистове точіння $\phi 35,9 h10_{-0,1}$;
- шліфування $\phi 35,3 h7_{-0,025}$;
- тонке шліфування $\phi 35_{-0,004}^{+0,007}$.

Припуски на інші поверхні даної деталі призначаються аналогічно. Результати розрахунків припусків і виконавчих розмірів заготовки зведено в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Припуски на механічну обробку та виконавчі розміри

Поверхня та її номер	МОП		Елементи припуску				Розрахункові		Допуск Td_i	Граничні розміри		Граничні припуски		Виконавчий технологічний розмір
	i	Метод обробки	Rz	h	ρ	ε	$2Z_i^{\min}$	$d_i^{\max}$		$d_i^{\max}$	$d_i^{\min}$	$2Z_i^{\max}$	$2Z_i^{\min}$	
№1 89h13 _{-0,46}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	95,96	3,5	95,96	92,46	-	-	93,5 _(-1,1^{+2,4})
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	2,4	90,06	0,46	90,06	89,6	6,36	2,4	90h13 _(-0,46)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	0,6	89	0,46	89	88,54	1,52	0,6	89h13 _(-0,46)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№2 Ø34h8 _{-0,05}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	42,99	2,5	42,99	40,49	-	-	Ø41 _(-0,7^{+1,8})
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	4	36,49	0,39	36,49	36,1	6,89	4	Ø36,5h13 _(-0,39)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,5	34,6	0,1	34,6	34,5	1,99	1,5	Ø34,6h10 _(-0,1)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	-	-	-	-	0,5	34	0,05	34	33,95	0,65	0,5	Ø334h8 _(-0,05)
№3 16js15±0,3	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	21,6	1,8	21,6	19,8	-	-	20,4 _(-0,6^{+1,2})
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	2,2	17,6	0,6	17,6	17	4,6	2,2	17,6h15 _(-0,6)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	0,7	16,3	0,6	16,3	15,7	1,9	0,7	16js15(±0,3)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№4 Ø35 ^{+0,007} _{-0,004}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	43,022	2,5	43,022	40,522	-	-	Ø42 _(-1,1^{+1,5})
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	3,2	37,322	0,39	37,322	36,932	6,09	3,2	Ø37,3h13 _(-0,39)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,0	35,932	0,1	35,932	35,832	1,49	1,0	Ø35,9h10 _(-0,1)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	-	-	-	-	0,5	35,322	0,025	35,322	35,307	0,635	0,5	Ø35,3h7 _(-0,025)
	6	Тонке шліфув.	-	-	-	-	0,3	35,007	0,011	35,007	34,996	0,326	0,3	Ø35 ^{+0,007} _{-0,004}
№5 40js14±0,3	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	46,9	2,5	46,9	44,4	-	-	45 _{-0,7^{+1,8}}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	2	42,4	0,6	42,4	41,8	5,1	2	42,4h14 _(-0,6)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	0,7	41,1	0,6	41,1	40,5	1,9	0,7	41,1h14 _(-0,6)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	-	-	-	-	0,2	40,3	0,6	40,3	39,7	1,4	0,2	40js14(±0,3)
№6 Ø42h13 _{-0,34}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	50,64	2,5	50,64	48,14	-	-	Ø48,8 _{-0,7^{+1,8}}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	4	44,14	0,34	44,14	43,8	6,84	4	Ø44,1h13 _(-0,34)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,8	42	0,34	42	41,66	2,48	1,8	Ø42h13 _(-0,34)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№22 Ø35,2h7 _{-0,025}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	43,99	2,5	43,99	41,49	-	-	Ø42,2 _{-0,7^{+1,8}}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	4	37,49	0,39	37,49	37,1	6,89	4	Ø37,5h13 _(-0,39)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,5	35,6	0,1	35,6	35,5	1,99	1,5	Ø35,6h10 _(-0,1)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	-	-	-	-	0,3	35,2	0,025	35,2	35,175	0,425	0,3	Ø35,2h7 _(-0,025)
№45 Ø32h13 _{-0,34}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	40,64	2,5	40,64	38,14	-	-	Ø39 _{-0,7^{+1,8}}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	4	34,14	0,34	34,14	33,8	6,84	4	Ø34h13 _(-0,34)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,8	32	0,34	32	31,66	2,48	1,8	Ø32h13 _(-0,34)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№46 Ø30H13 ^{+0,28}	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	38,46	2,1	38,46	36,36	-	-	Ø38 _{-1,5^{+0,6}}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	4,4	31,96	0,28	31,96	31,68	6,78	4,4	Ø31,7 _(+0,28)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,4	30,28	0,28	30,28	230	1,96	1,4	Ø30H13 _(+0,28)
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.6 Проектування операційної технології

1.6.1 Операція 075 - Токарна з ЧПУ

На даній операції виконується чистове точіння і остаточне формування складного профілю тонкостінної деталі (рис. 1.7).

Обробка ведеться на верстаті АТПР-2М12СН з системою ЧПУ Н22-1М.

При цьому застосовується наступний ріжучий інструмент:

- точіння поверхонь 1, 2, 3, 4, 5 – різець розточний зі змінними

багатогранними пластинами ГОСТ 18882-73; ВК8; R4 (2 шт.);

- точіння поверхонь 6, 7, 8, 9, 10 та підрізання фаски (№11) – різець прохідний зі змінними багатогранними пластинами ГОСТ 20872-80; ВК8; R1 (1 шт).

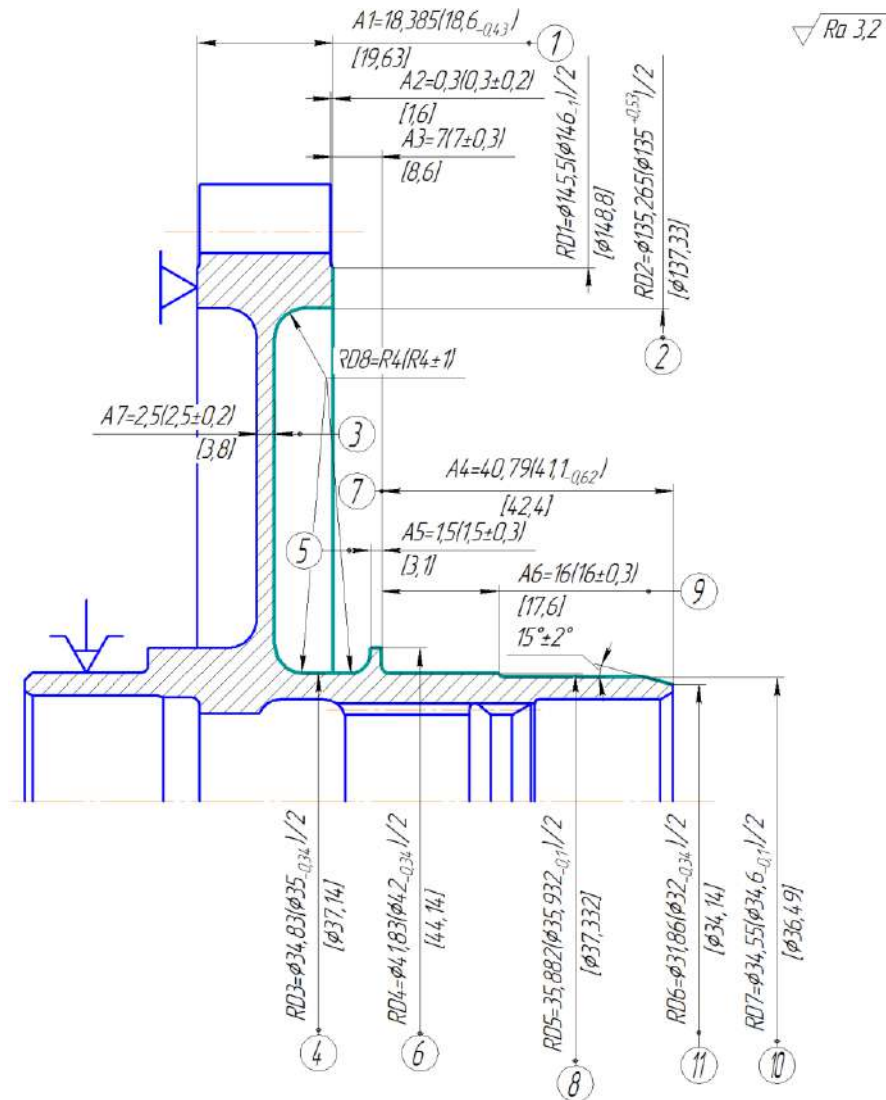


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз токарної операції

Розрахунок режимів різання.

Призначення режимів різання здійснюється на кожну оброблювану поверхню. Розрахунок здійснюємо в такій послідовності:

1) призначення глибини різання.

Глибина різання визначається згідно розрахованому маршруту обробки поверхонь і призначеним припуском (п. 1.5) пояснювальної записки в залежності від параметра точності і шорсткості оброблюваної поверхні. Отримані дані заносимо в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 - Глибина різання оброблюваних поверхонь

№ поверхні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Глибина різання t , мм	1,2	1	2	4	1,6	1,1	1,6	0,7	1,6	1	1,1

2) призначення подачі.

Величина подачі інструменту при токарній обробці згідно [11, стор. 14] визначається за формулою:

$$S_o = S \cdot K_{S1} \cdot K_{S2}, \text{ мм/об} \quad (1.38)$$

де S_{oT} – табличне значення величини подачі при точінні даного матеріалу, визначається за [11, стор. 14], та становить 0,31 мм/об;

K_{S1} – поправочний коефіцієнт на величину подачі, в залежності від твердості оброблюваного матеріалу, становить 1,25;

K_{S2} – поправочний коефіцієнт на величину подачі, який визначається видом і діаметром обробки.

В результаті отримуємо такі значення величин подачі інструментів:

Поверхня №1,2 - $K_{S2} = 0,95$; $S_o = 0,31 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 0,37 \text{ мм/об}$.

Поверхня №3,4 - $K_{S2} = 0,95$; $S_o = 0,31 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 0,37 \text{ мм/об}$.

Поверхня №5 - $K_{S2} = 0,75$; $S_o = 0,31 \cdot 1,25 \cdot 0,75 = 0,29 \text{ мм/об}$.

Поверхня №6,7 - $K_{S2} = 0,8$; $S_o = 0,31 \cdot 1,25 \cdot 0,8 = 0,31 \text{ мм/об}$.

Поверхня №8,9,10,11 - $K_{S2} = 0,77$; $S_o = 0,31 \cdot 1,25 \cdot 0,77 = 0,3 \text{ мм/об}$.

3) Визначення швидкості різання.

Швидкість різання при точінні розраховується за формулою:

$$V = V_T \cdot K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6} \cdot K_{V7} \cdot K_{V8} \cdot K_{V9} \cdot K_{V10}, \text{ м/мин} \quad (1.39)$$

де V_T – табличне значення величини швидкості різання, визначається за [11, стор. 14] і для даного оброблюваного матеріалу становить 150,2 м/мин;

K_{V1} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від використання СОТС при обробці; дана операція виконується із застосуванням останнього, і чисельно рівний 1;

K_{V2} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від головного кута в плані інструменту;

K_{V3} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від стану оброблюваної поверхні; для чистової обробки приймається рівним 1;

K_{V4} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності

від діаметра обробки;

K_{V5} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від матеріалу ріжучої пластини; для ВК8 рівний 1;

K_{V6} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від твердості оброблюваного матеріалу та рівний 0,67;

K_{V7} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від глибини різання і матеріалу різця;

K_{V8} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від величини призначеної подачі;

K_{V9} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від періоду стійкості інструменту; для періоду стійкості $T = 60$ хв приймається рівним 1;

K_{V10} – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання в залежності від виду та діаметру обробки.

В результаті, враховуючи поправочні коефіцієнти, отримуємо такі значення величин швидкостей різання:

Поверхня №1,2 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,14 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 = 119,8 \text{ м/хв}$

Поверхня №3 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,14 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 = 146,1 \text{ м/хв}$

Поверхня №4 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 0,88 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,6 = 58 \text{ м/хв}$

Поверхня №5 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,06 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,61 = 71,1 \text{ м/хв}$

Поверхня №6 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,14 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,61 = 52,2 \text{ м/хв}$

Поверхня №7 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,06 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,61 = 47,4 \text{ м/хв}$

Поверхня №8 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,19 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,6 = 53,6 \text{ м/хв}$

Поверхня №9 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,06 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,6 = 46,6 \text{ м/хв}$

Поверхня №10 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,14 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,6 = 51,4 \text{ м/хв}$

Поверхня №11 - $V = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1,14 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,6 = 50,1 \text{ м/хв}$

4) визначення кількості оборотів шпинделя.

Число оборотів шпинделя n розраховується за формулою (1.40) і коригується за паспортом верстата n_ϕ [12, стор. 61]:

$$n = \frac{1000V}{\pi d}, \text{ об/мин} \quad (1.40)$$

де d – максимальний діаметр обробки, мм.

Поверхня №1 – $n = \frac{1000 \cdot 119,8}{\pi \cdot 145,5} = 262,1 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 275 \text{ об/хв}$.

Поверхня №2 - $n = \frac{1000 \cdot 119,8}{\pi \cdot 135,3} = 281,8 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 275 \text{ об/хв}$.

Поверхня №3 - $n = \frac{1000 \cdot 146,1}{\pi \cdot 135,3} = 343,7 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 315 \text{ об/хв}$.

Поверхня №4 - $n = \frac{1000 \cdot 58}{\pi \cdot 34,83} = 530,1 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 550 \text{ об/хв}$.

Поверхня №5 - $n = \frac{1000 \cdot 71,1}{\pi \cdot 41,83} = 541,0 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 550 \text{ об/хв}$.

Поверхня №6 - $n = \frac{1000 \cdot 52,2}{\pi \cdot 41,83} = 397,2 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 398 \text{ об/хв}$.

Поверхня №7 - $n = \frac{1000 \cdot 47,4}{\pi \cdot 41,83} = 360,7 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 398 \text{ об/хв}$.

Поверхня №8 - $n = \frac{1000 \cdot 53,6}{\pi \cdot 35,882} = 475,5 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 455 \text{ об/хв}$.

Поверхня №9 - $n = \frac{1000 \cdot 46,6}{\pi \cdot 35,882} = 413,4 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 455 \text{ об/хв}$.

Поверхня №10 - $n = \frac{1000 \cdot 51,4}{\pi \cdot 34,55} = 473,5 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 455 \text{ об/хв}$.

Поверхня №11 - $n = \frac{1000 \cdot 50,1}{\pi \cdot 31,86} = 500,5 \text{ об/хв}$. Приймаємо $n_\phi = 455 \text{ об/хв}$.

5) визначення хвилинної подачі інструменту.

Хвилинна подача ріжучого інструменту розраховується за формулою:

$$S_M = S_o \cdot n_\phi, \text{ мм/мин} \quad (1.41)$$

Поверхня №1,2 - $S_M = 0,37 \cdot 275 = 101,75 \text{ мм/хв}$.

Поверхня №3 - $S_M = 0,37 \cdot 315 = 116,55 \text{ мм/хв}$.

Поверхня №4,5 - $S_M = 0,29 \cdot 550 = 159,5 \text{ мм/хв}$.

Поверхня №6,7 - $S_M = 0,31 \cdot 398 = 123,4 \text{ мм/хв}$.

Поверхня №8,9 - $S_M = 0,3 \cdot 455 = 136,5 \text{ мм/хв}$.

Поверхня №10,11 - $S_M = 0,3 \cdot 455 = 136,5 \text{ мм/хв}$.

Нормування операцій механічної обробки виконується в наступній послідовності.

1) Розраховується основний (машинний) час автоматичної роботи (механічної обробки) верстата. Для операцій із застосуванням верстатів з ЧПУ даний час включає основний час, що витрачається на різання металу, і час холостого ходу інструменту; розраховується за формулою:

$$T_o = T_{P.X.} + T_{XX}, \text{ хв} \quad (1.42)$$

де $T_{P.X.}$ – час робочого ходу інструменту, обчислюється за формулою (1.43);

T_{XX} – час холостого ходу інструменту, обчислюється за формулою (1.44).

$$T_{P.X.} = \frac{L_{P.X.}}{S_M}, \text{ хв} \quad (1.43)$$

де $L_{P.X.}$ – довжина робочого ходу інструмента з урахуванням величин врізання та перебігу, мм;

S_M – хвилинна подача інструменту, мм/хв.

$$T_{XX} = \frac{L_{XX}}{S_{XX}}, \text{ хв} \quad (1.44)$$

де L_{XX} – довжина холостого ходу руху інструменту, мм;

S_{XX} – хвилинна подача холостого ходу, яка визначається параметрами верстата, приймається рівною 1200 мм/хв.

Проектована операція механічної обробки здійснюється кількома інструментами. Тому нормування виконуємо для кожного інструменту, визначаючи його основний час за формулою:

$$T_{oi} = T_{P.X.i} + T_{XX.i}, \text{ мин} \quad (1.45)$$

де $T_{P.X.i}, T_{XX.i}$ – час відповідно робочого і холостого ходу інструменту;

i – номер інструменту.

Потім визначаємо загальний основний час обробки для даної операції:

$$T_o = \sum_1^m T_{oi}, \text{ мин} \quad (1.46)$$

де m – загальна кількість інструментів, що беруть участь в обробці.

Інструмент №1

$$T_{P.X.1} = \frac{\frac{145,5}{2} + 2 - \frac{41,83}{2} - \frac{9,525}{2}}{101,75} + \frac{4 \cdot 4}{101,75} + \frac{\left(\frac{135,265 - 9,525}{2} + 2 \right) \cdot 4}{116,55} = 2,07 \text{ хв.}$$

$$T_{XX.1} = \frac{(281 - (18,385 - 0,3 + 7 + 40,79 + 20)) \cdot 2 + (140 - (\frac{145,5}{2} + 2)) \cdot 2 + (\frac{145,5}{2} + 2 - \frac{41,83}{2} + 2)}{1200} +$$

$$+ \frac{\left(2 + 2 + \frac{135,265 - 9,525}{2} - \frac{41,83}{2}\right) \cdot 4}{1200} = 0,63 \text{ хв.}$$

$$T_{o1} = 2,07 + 0,63 = 2,7 \text{ хв.}$$

Інструмент №2

$$T_{P.X.2} = \frac{\left(\left(18,385 - 0,3 + 7 - 1,5 - \frac{9,525}{2}\right) - \left(18,385 + \frac{9,525}{2} - 8\right)\right) \cdot 2}{159,5} + \frac{\left(\frac{41,83}{2} - \frac{34,83}{2} + 2\right) \cdot 2}{159,5} = 0,11 \text{ хв.}$$

$$T_{XX.2} = \frac{(140 - \frac{41,83}{2} - \frac{9,525}{2} - 2) \cdot 2 + (281 - 18,385 + 0,3 - 7 + \frac{9,525}{2}) \cdot 2}{1200} = 0,53 \text{ хв.}$$

$$T_{o2} = 0,11 + 0,53 = 0,64 \text{ хв.}$$

Інструмент №3

$$T_{P.X.3} = \frac{\left(\frac{34,55}{2} - \frac{31,86}{2} + 2\right) / \operatorname{tg} 15^\circ}{136,5} + \frac{40,79 - 16 - \left(\frac{34,55}{2} - \frac{31,86}{2} + 2\right) / \operatorname{tg} 15^\circ \cdot \cos 15^\circ}{136,5} +$$

$$+ \frac{\frac{35,882}{2} - \frac{34,55}{2}}{119,4} + \frac{16}{136,5} + \frac{\frac{41,83}{2} - \frac{35,882}{2}}{123,4} + \frac{1,5 + 2 + 1}{123,4} = 0,6 \text{ хв.}$$

$$T_{XX.3} = \frac{20 - 2 + 20 + 40,79 + 1,5 + 2}{1200} + \frac{\left(140 - \frac{31,86}{2}\right) \cdot 2}{1200} + \frac{(281 - 18,385 + 0,3 - 7 - 40,79 - 20) \cdot 2}{1200} = 0,41 \text{ хв}$$

$$T_{o3} = 0,6 + 0,41 = 1,01 \text{ хв}$$

Таким чином, сумарний основний час обробки дорівнює:

$$T_o = 2,7 + 0,64 + 1,01 = 4,35 \text{ мин}$$

2. Розраховуємо допоміжний час, що витрачається на виконання окремих елементів роботи. Даний час розраховується за такою формулою:

$$t_{\epsilon} = t_y + t_c + t_{упр} + t_{б.п.} + t_{б.о.} + t_{контр.}, \text{ хв.} \quad (1.47)$$

де t_y, t_c – час, що витрачається робітником на установку і зняття деталі, визначається як загальна величина за [9, стор. 143], і дорівнює 0,26 хв;

$t_{упр}$ – час, що витрачається на управління верстатом: увімкнення станка, зміну подачі та зміну частоти обертання шпинделя; в даній операції обробка

ведеться на верстаті з ЧПУ, яка в автоматичному режимі проводить управління верстатом з відповідними перемиканнями подач і оборотів шпинделя, отже, даний час витрачається на запуск програми на виконання; приймаємо рівним $2 \times 0,01 = 0,02$ хв;

$t_{б.п.}, t_{б.о.}$ – час, що витрачається на швидке підведення і швидке відведення ріжучого інструменту; для даної операції цей час включено в основний (машинний) час, тому чисельно дорівнює 0;

$t_{контр.}$ – час, що витрачається на вимірювання заготовки після обробки, визначається за формулою:

$$t_{контр.} = t_{контр.норм.} \cdot K \cdot i, \text{ хв} \quad (1.48)$$

де $t_{контр.норм.}$ – нормативний час вимірювання одного параметра заготовки, визначається по [9, стор. 160], і чисельно дорівнює 0,07 хв;

K – коефіцієнт періодичності, приймається рівним 0,3;

i – кількість необхідних вимірювань, в даній задачі, згідно операційного ескізу, вимірювання проводяться 19 разів.

$$t_{контр.} = 0,07 \cdot 0,3 \cdot 18 = 0,38 \text{ хв}$$

Таким чином, допоміжний час приймає таке значення:

$$t_o = 0,26 + 0,02 + 0 + 0 + 0 + 0,38 = 0,66 \text{ хв}$$

3. Визначаємо оперативний час за такою формулою:

$$t_{on} = t_o + t_g = 4,35 + 0,66 = 5,01 \text{ хв} \quad (1.49)$$

4. Розраховуємо додатковий час. Даний час витрачається на отримання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку та здачу їх після закінчення обробки, на обслуговування робочого місця, на відпочинок і природні потреби робітника персоналу:

$$t_{доо} = t_{on} \cdot \alpha_{\Sigma}, \text{ хв} \quad (1.50)$$

де α_{Σ} – сумарний відсоток оперативного часу, який включає в себе наступні елементи:

а) отримання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку і здача їх після закінчення обробки, визначається за [9, стор. 136], і чисельно

дорівнює 0,08;

б) час на обслуговування робочого місця, визначається за [9, стор. 136] і чисельно дорівнює 0,02;

в) час перерв на відпочинок і природні потреби, визначається за [9, стор. 136] і чисельно дорівнює 0,04.

$$\alpha_{\Sigma} = 0,8 + 0,02 + 0,04 = 0,14$$

Таким чином, додатковий час приймає значення:

$$t_{\text{доп}} = 5,01 \cdot 0,14 = 0,7 \text{ хв}$$

5. Виконуємо розрахунок штучного часу, який витрачається на обробку даної деталі за такою формулою:

$$t_{\text{шт}} = (t_o + t_d)(1 + \alpha_{\Sigma}) = (4,35 + 0,66)(1 + 0,14) = 5,71 \text{ хв} \quad (1.51)$$

6. Підраховуємо підготовчо-заклучний час, який витрачається на:

- ознайомлення з новим завданням (операційним ескізом, схемою);
- зняти різальні інструменти і технологічне оснащення і здати в інструментальну комору;
- отримати необхідний ріжучий, допоміжний і вимірювальний інструмент і доставити його до робочого місця;
- виконати настройку, регулювання верстата;
- налаштувати керуючу програму;
- провести пробну обробку (5 - 9 разів) і за результатами вимірів провести коригування - налаштування верстату.

Даний час розраховується за такою формулою:

$$t_{n-3} = t_{n-31} + t_{n-32} + t_{n-33}, \text{ хв} \quad (1.52)$$

де t_{n-31} – норматив часу на налагодження верстата, інструменту та пристосувань, визначається за [8, стор. 215], і чисельно дорівнює 7 хв;

t_{n-32} – час, що витрачається на установку копії в блоці; для даної операції дорівнює 0;

t_{n-33} – норматив часу, який витрачається на отримання інструменту і пристосувань до початку і здачу їх після закінчення обробки, визначається за [8, стор. 216], і чисельно дорівнює 9 хв;

Таким чином, підготовчо-заключний час приймає значення:

$$t_{n-3} = 7 + 0 + 9 = 16 \text{ хв}$$

7. Розраховуємо штучно-калькуляційний час, який витрачається на обробку деталі з урахуванням підготовчо-заключного часу:

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{t_{n-3}}{N} = 5,71 + \frac{16}{2000} = 5,72 \text{ хв} \quad (1.53)$$

8. Проводимо розрахунки змінної норми виробітку деталей, тобто кількості деталей, яку можна обробити за одну зміну, за формулою:

$$q_{зм} = \frac{f_{зм}}{t_{ш-к}}, \text{ шт / зміну} \quad (1.54)$$

де $f_{зм}$ – часовий проміжок тривалістю однієї зміни, приймається рівним 492 хв.

Таким чином, змінна норма виробітку:

$$q_{зм} = \frac{492}{5,72} = 86,1 \text{ шт / зміну}$$

Отримане розрахункове значення змінної норми виробітку показує, що прийнятий обсяг партії заготовок, запущений у виробництво слід підкоригувати так, щоб обсяг партії був кратний або рівним змінній нормі виробітку. Приймаємо $q_{зм} = 80 \text{ шт / зміну}$.

Розробка токарної операції за допомогою модуля ADEM-CAM

Розробка даної операції виконується в наступній послідовності:

1. Операції розбиваємо на дві частини, тому що обробка виконується за дві установи, тому нижче описану послідовність виконуємо для двох установ окремо.

2. У програмі АСКОН КОМПАС-3D v12 створюємо ескіз оброблюваної деталі, при цьому деталь розміщуємо таким чином, щоб центр деталі, вказаний на РТК збігався з центром координат креслення.

3. Зберігаємо ескіз в форматі * .iges і імпортуємо його в програмі ADEM.

4. Переходимо в модуль CAM. Починаємо створювати послідовність

технологічної операції. Першим елементом задаємо початок циклу за допомогою координат, зазначених на РТК як нуль еталона.

5) Оскільки траєкторія руху інструменту досить складна, створюємо елемент "Рядок", в якій вводимо параметри інструменту, траєкторію руху і режими різання при обробці. При даній обробці точіння виконується чотирма інструментами за перший і другий установи, тому даний елемент створюється для кожного інструменту.

6) За допомогою команди "Процесор" розраховуємо траєкторію руху інструментів, після чого програма виконає її промальовування (рис. 1.11).

7. Для перегляду руху інструментів, запускаємо команду "Моделювання".

8. За допомогою команди "Адаптер" виробляємо розрахунок часу обробки. Особливістю програми ADEM є те, що при розрахунку часу обробки програма враховує час на установку і заміну інструменту. А оскільки в даній операції для кожної установи обробку виконують чотири інструменти, програма тричі враховує цей час.

Для того щоб порівняти розрахований основний час в попередньому розділі пояснювальної записки з основним часом, розрахованим програмою, необхідно послідовно включати в обробку тільки один інструмент, і за допомогою команди "Адаптер" підрахувати в програмі основний час кожного інструменту, а потім скласти його. Результати розрахунків виконані програмою, а також порівняння з ручним розрахунком, виконаним в попередньому підрозділі пояснювальної записки, зведені в табл. 1.10.

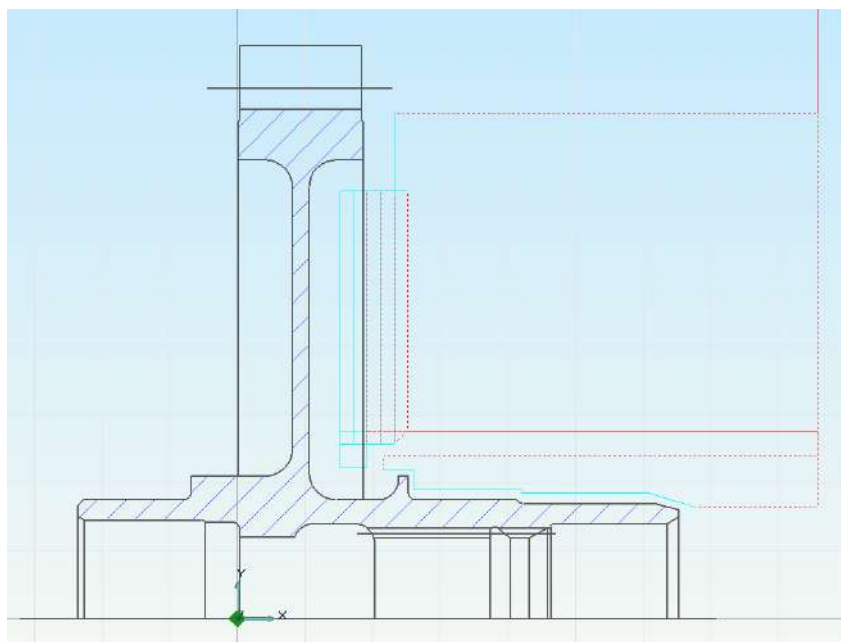


Рисунок 1.11 - Траєкторія руху інструментів

1.6.2 Операція 025 - Свердлильна

На даній операції виконується свердління отвору діаметром $\varnothing 12$ мм на вертикально-свердлильному верстаті мод. 2М112. Операційний ескіз для даної операції показано на рис. 1.12.

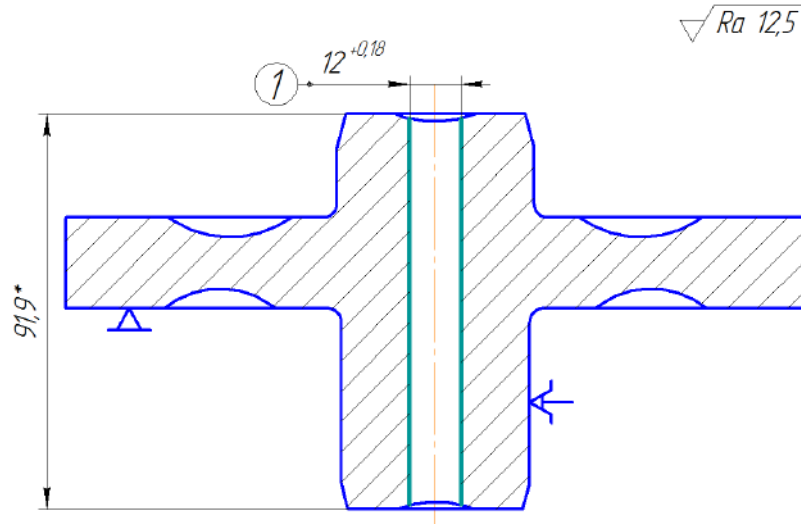


Рисунок 1.12 - Операційний ескіз свердлильної операції 025

Розрахунок режимів різання

За методикою, описаної в попередніх підрозділах пояснювальної записки, виробляємо призначення режимів різання.

1) Призначення глибини різання.

Глибина різання дорівнює радіусу отвору, тобто $t = 6$ мм.

2) Призначення подачі.

$$S = 0,16 \text{ мм/об}; K_{S1} = 0,75; K_{S2} = 1; S_o = 0,16 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,12 \text{ мм/об};$$

3) Визначення швидкості різання.

$$V_T = 40,2 \text{ м/хв}$$

$$K_{V1} = 0,55; K_{V2} = 1; K_{V3} = 1; K_{V4} = 0,6; K_{V5} = 1; K_{V6} = 1; K_{V7} = 1; K_{V8} = 1;$$

$$V = 40,2 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 13,27 \text{ м/хв}$$

4) Визначення кількості оборотів шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 13,27}{\pi \cdot 12} = 352 \text{ об/хв}. \text{ Приймаємо } n_\phi = 450 \text{ об/хв}.$$

5) Визначення хвилинної подачі інструменту.

$$S_M = 0,12 \cdot 450 = 54 \text{ мм/хв}$$

Нормування операції виконуємо в послідовності, описаної вище з урахуванням обробки всіх поверхонь згідно операційного ескізу:

$$t_o = \frac{91,9 + 10}{54} = 1,89 \text{ хв};$$

$$t_o = 0,18 + (0,03 \cdot 1 + 0,03 \cdot 1 + 0,01) + 0,1 + 0,1 + 0 + 0,07 \cdot 0,3 \cdot 2 = 0,49 \text{ хв};$$

$$t_{on} = 1,89 + 0,49 = 2,38 \text{ хв};$$

$$t_{ood} = 2,38 \cdot (0,08 + 0,02 + 0,04) = 0,33 \text{ хв};$$

$$t_{um} = (1,89 + 0,49)(1 + 0,14) = 2,71 \text{ хв};$$

$$t_{n-3} = 7 + 0 + 9 = 16 \text{ хв};$$

$$t_{u-k} = 2,71 + \frac{16}{2000} = 2,72 \text{ хв}.$$

1.6.3 Операція 090 - Фрезерна

На даній операції виконується фрезерування лисок на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р80. Операційний ескіз для даної операції зображено на рис. 1.13.

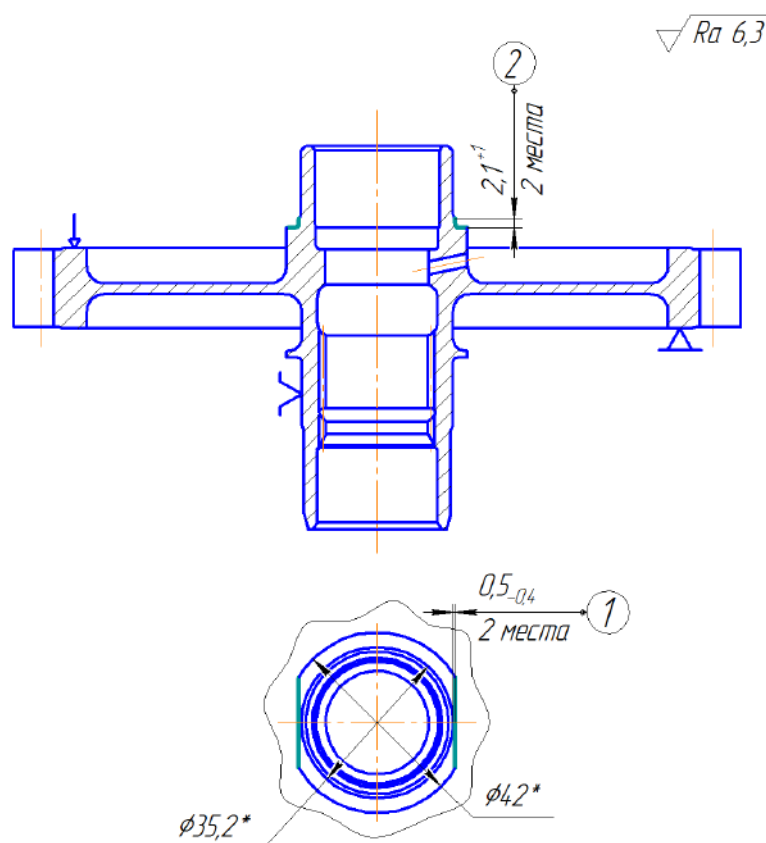


Рисунок 1.13 – Операційний ескіз фрезерної операції 090

За методикою, описаною в попередніх підрозділах пояснювальної записки, розраховуємо режими різання.

1) Призначення глибини різання.

Згідно операційного ескизу глибина різання складає $t = 2,1 \text{ мм}$.

2) Призначення подачі.

$$S = 0,18 \text{ мм/об}; \quad K_{S1} = 1; \quad K_{S2} = 0,66; \quad K_{S3} = 0,25; \quad K_{S2} = 0,66; \quad K_{S3} = 0,25;$$

$$S_o = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 0,25 = 0,03 \text{ мм/об}.$$

3) Визначення швидкості різання.

$$V_T = 60 \text{ м/хв}; \quad K_{V1} = 1; \quad K_{V2} = 1; \quad K_{V3} = 1; \quad K_{V4} = 0,8; \quad K_{V5} = 0,86;$$

$$V = 60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,86 = 41,4 \text{ м/хв}$$

4) Визначення кількості оборотів шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 41,4}{\pi \cdot 125} = 105,42 \text{ об/хв}. \text{ Приймаємо } n_\phi = 100 \text{ об/хв}.$$

5) Визначення хвилинної подачі інструменту.

Для фрезерування значення хвилинної подачі визначається за формулою:

$$S_M = S_o \cdot n \cdot z = 0,03 \cdot 100 \cdot 22 = 66 \text{ мм/мин} \quad (1.54)$$

де z – число зубців дискової фрези, відповідне обраному інструменту.

Нормування операції виконуємо в послідовності, описаної вище. При розрахунку слід врахувати, що обробка ведеться двома інструментами одночасно, тому основний час розраховується як для одного. В результаті отримуємо:

$$t_o = \frac{42 + 2 \cdot 20}{66} = 1,24 \text{ хв};$$

$$t_o = 0,55 + (0,04 \cdot 1 + 0,04 \cdot 1 + 0,01) + 0,1 + 0,1 + 0 + 0,07 \cdot 0,3 \cdot 2 = 0,88 \text{ хв};$$

$$t_{on} = 1,24 + 0,88 = 2,12 \text{ хв};$$

$$t_{ood} = 2,12 \cdot (0,08 + 0,02 + 0,04) = 0,3 \text{ хв};$$

$$t_{um} = (1,24 + 0,88)(1 + 0,14) = 2,42 \text{ хв};$$

$$t_{n-3} = 7 + 0 + 9 = 16 \text{ хв};$$

$$t_{u-k} = 2,42 + \frac{16}{2000} = 2,43 \text{ хв}.$$

Всі розраховані режими різання і норми часу операцій ТП виготовлення зубчастого колеса зведено в табл. 1.13.

1.7 Розробка технологічних операцій для високопродуктивних верстатів з числовим програмним управлінням

Один із способів значно підвищити продуктивність, не втрачаючи при цьому ефективність і гнучкість машинобудівного виробництва – це використання універсальних верстатів підвищеної продуктивності, зокрема, верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), які мають цілий ряд переваг, таких як автоматичне настроювання на розмір з урахуванням корекції при теплових деформаціях, зношуванні різальних інструментів, пружних деформаціях елементів системи та інших похибках; швидке переналадження; використання в одиничному, серійному та масовому виробництві; можливість повного виготовлення готової деталі; підвищення продуктивності через зменшення додаткового часу і можливості багатOVERSTATного обслуговування.

1.7.1 Розробка токарної 075 операції з ЧПУ

За допомогою комп'ютерного пакету NX створюємо 3-D модель шестерні (рис. 1.14). Для операції 075 розробляємо управляючу програму (УП) для токарного верстата з ЧПУ за допомогою програми NX.

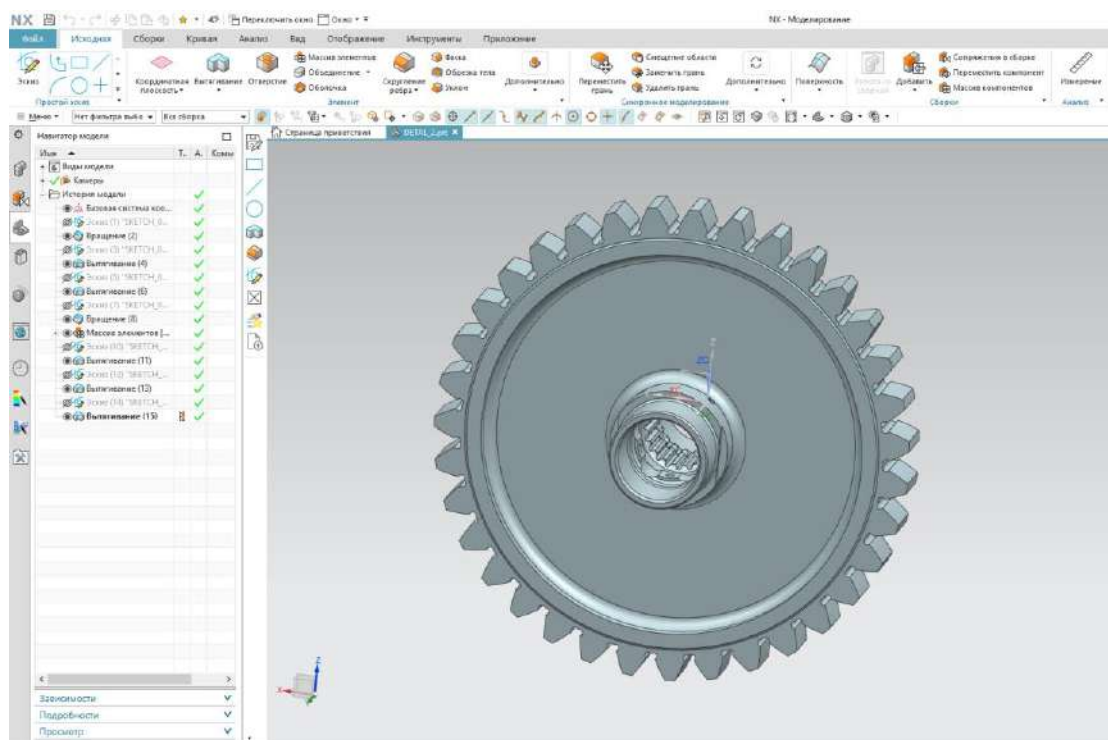


Рисунок 1.14 – 3-D модель шестерні циліндричної

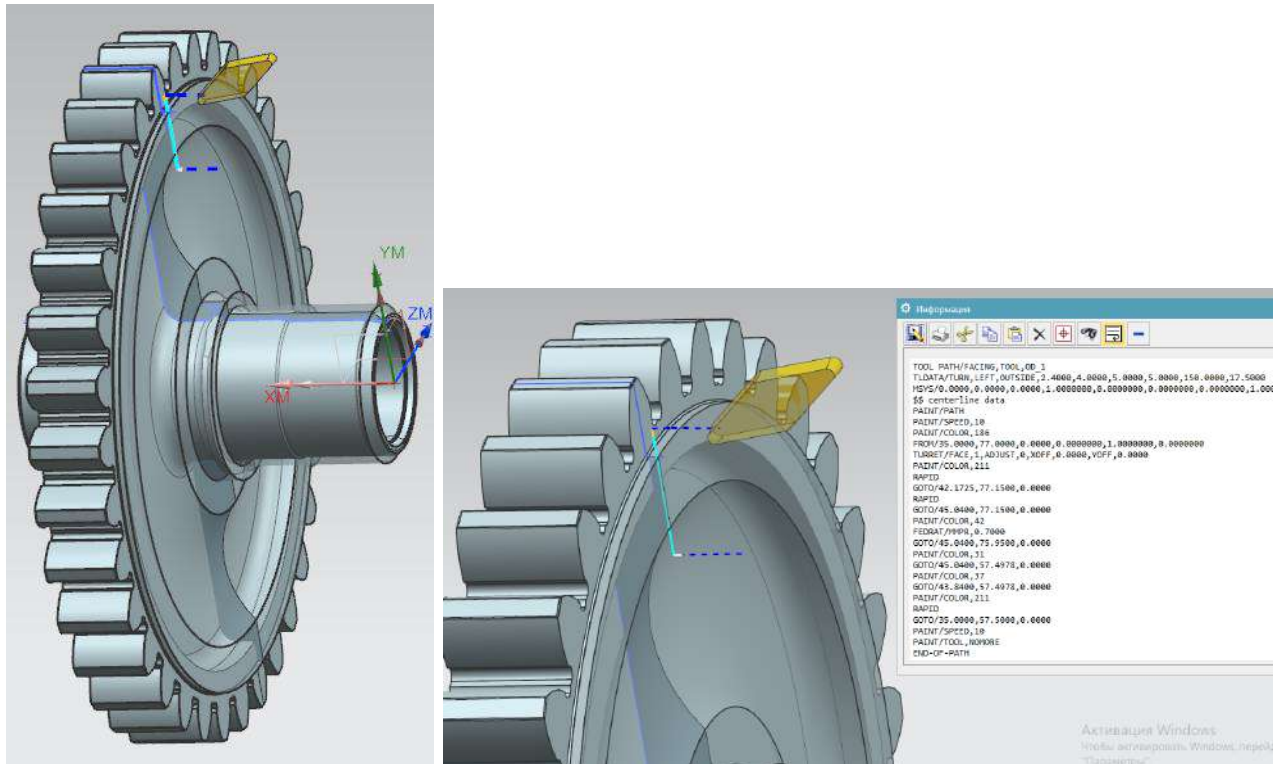


Рисунок 1.16 – Траєкторія упорного різця та програма в АРТ (перехід 1, оп. 075)

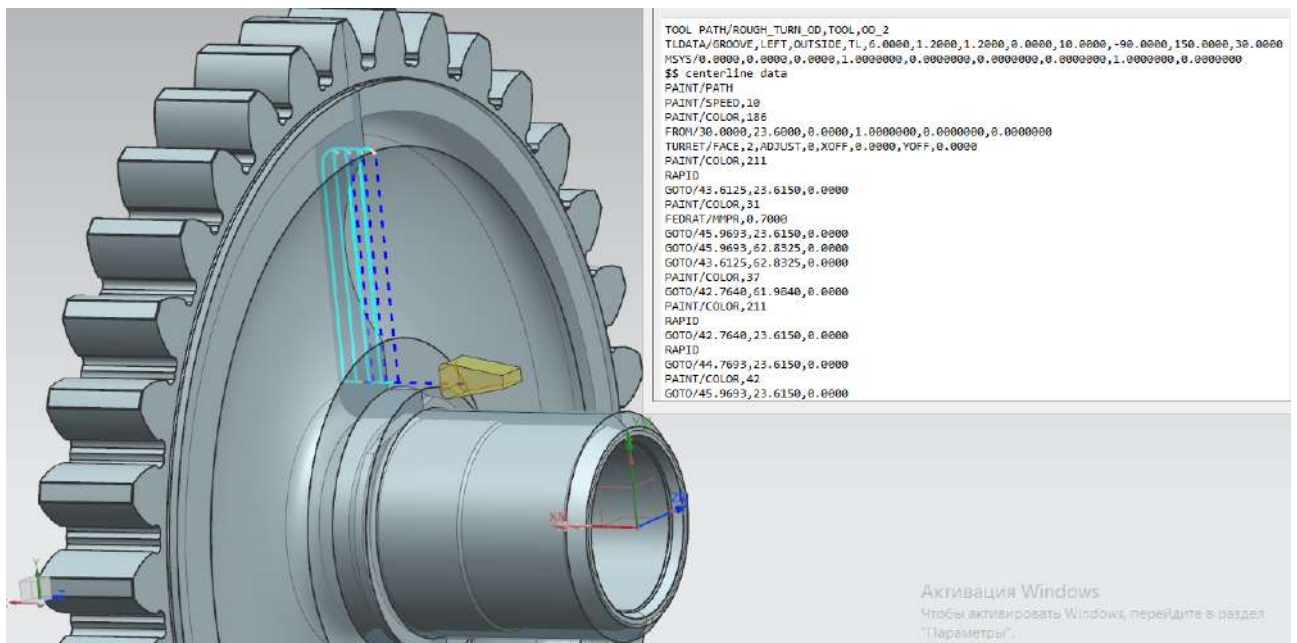


Рисунок 1.17 – Траєкторія, розташування різця та фрагмент програми (перехід 2, оп. 075)

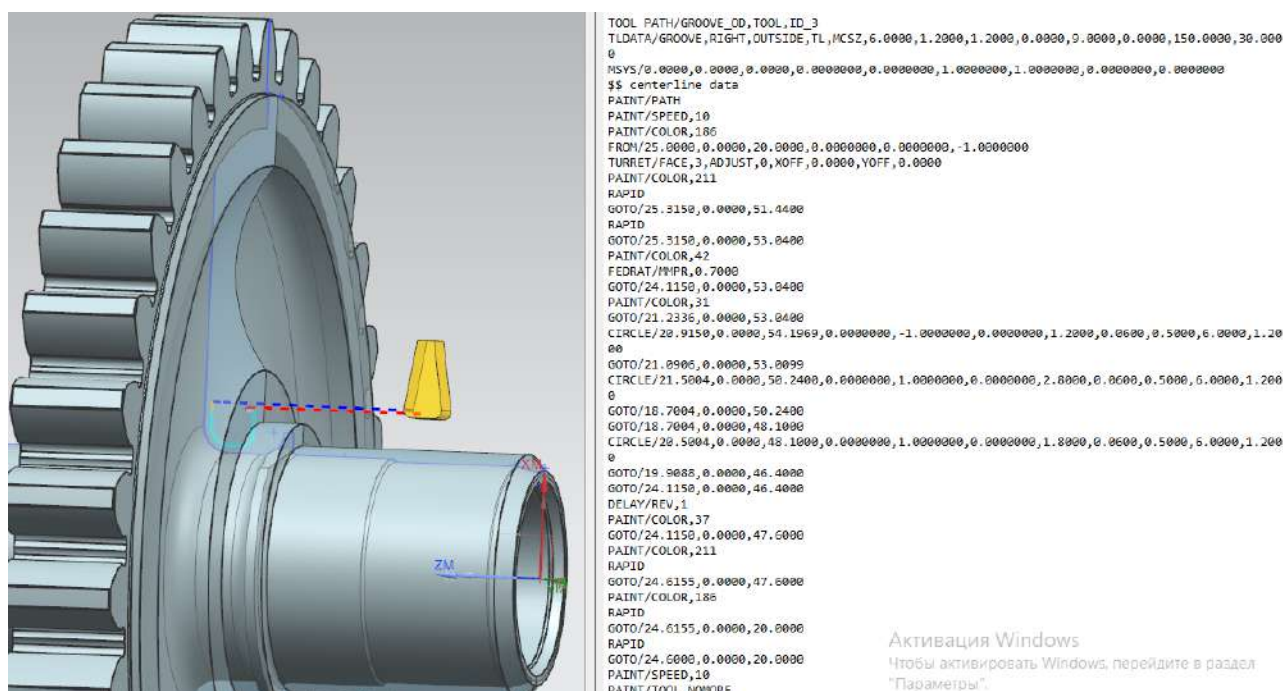


Рисунок 1.18 – Фрагмент УП та розташування канавочного різця відносно до деталі 3-го переходу операції 075

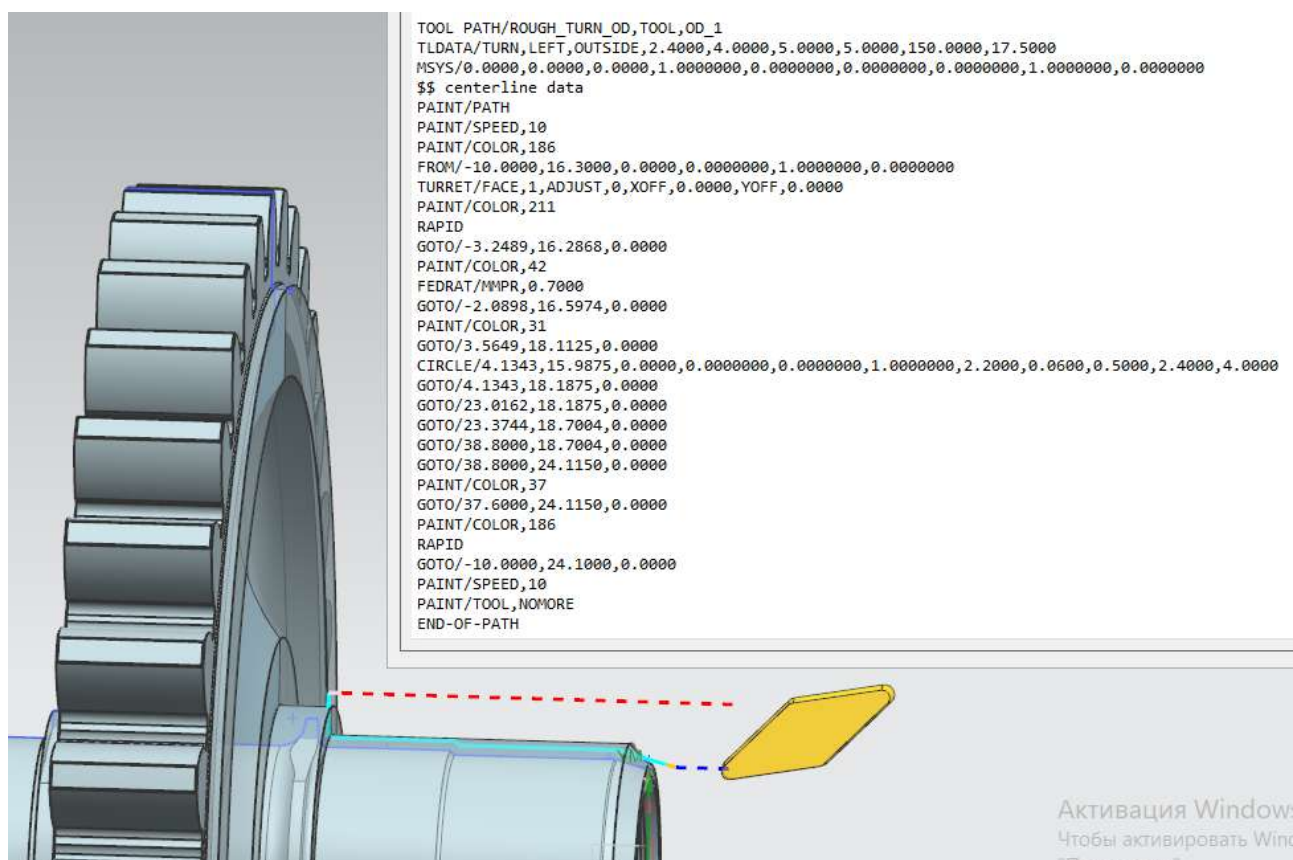


Рисунок 1.19 – Різець, траєкторія та УП 4-го переходу операції 075

1.7.2 Розробка свердлильної операції 080

Для операції 080 розробляємо УП для свердлення 5-ти наскрізних отворів, рівномірно розташованих по діаметру під кутами 12° до площини полотна шестерні. Фрагмент ескізу цієї операції показано на рис.1.20.

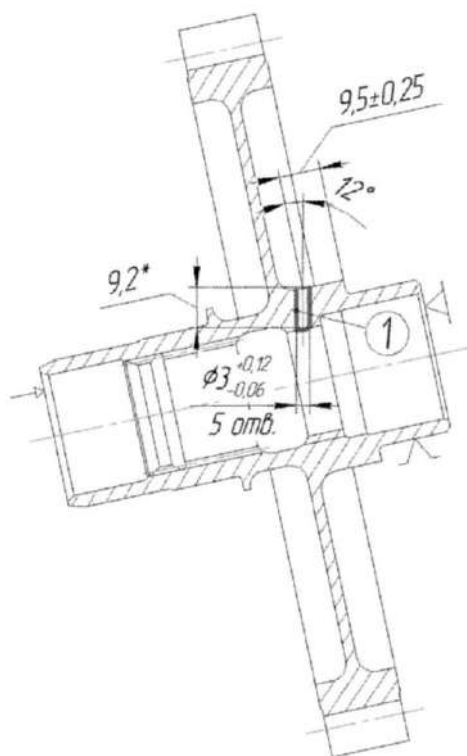


Рисунок 1.20 – Ескіз операції 080

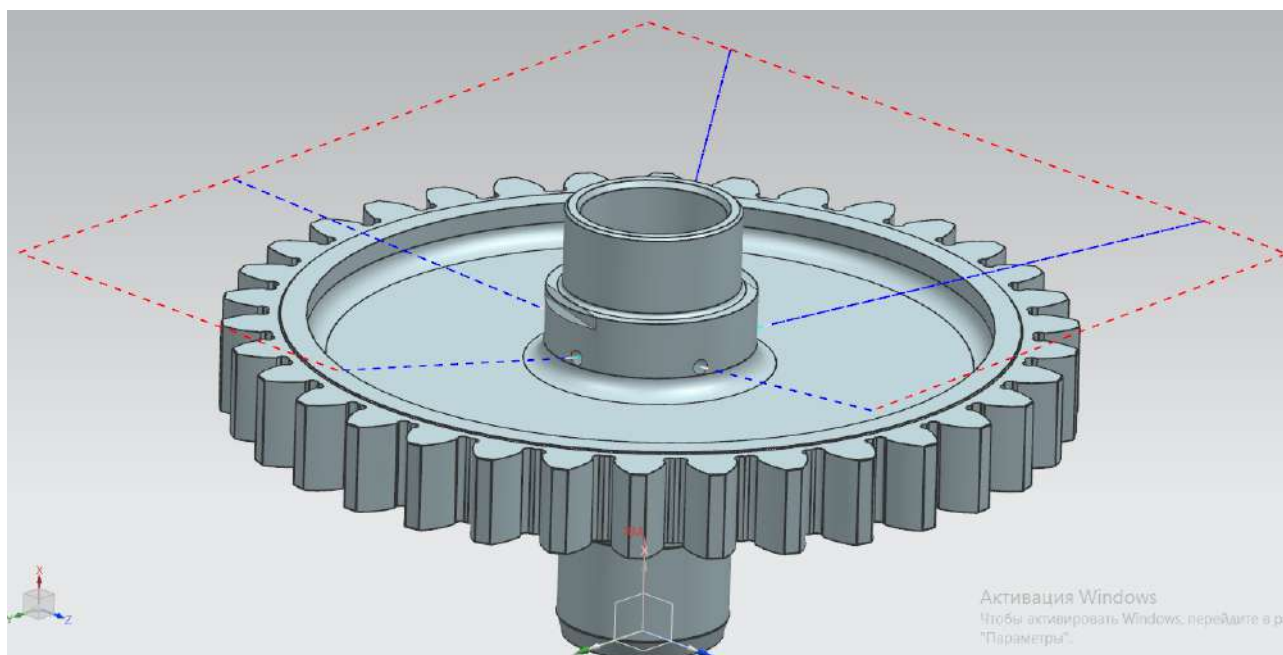


Рисунок 1.21 – Траєкторія руху свердла під кутом 12° (оп. 080)

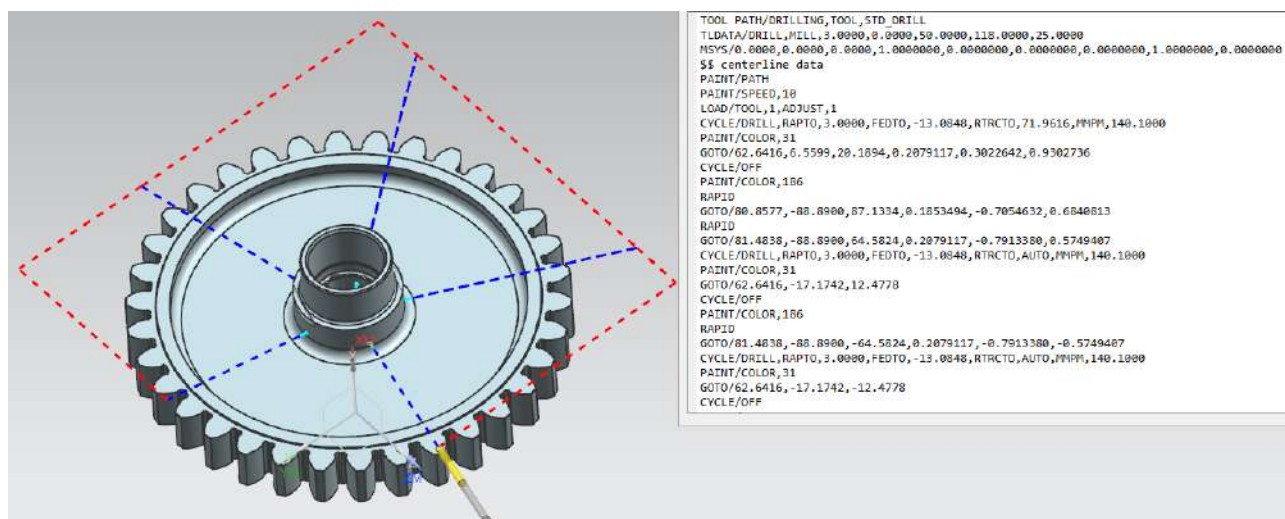


Рисунок 1.22 – Розташування свердла, фрагмент УП (оп. 080)

1.7.3 Розробка фрезерної операції 085

Для операції 085 розробляємо УП для фрезерування двох діаметрально протилежних лисок. Ескіз операції показаний на рис.1.23.

Поетапно виконання автоматизованої підготовки операції показано на рисунках 1.24, 1.25.

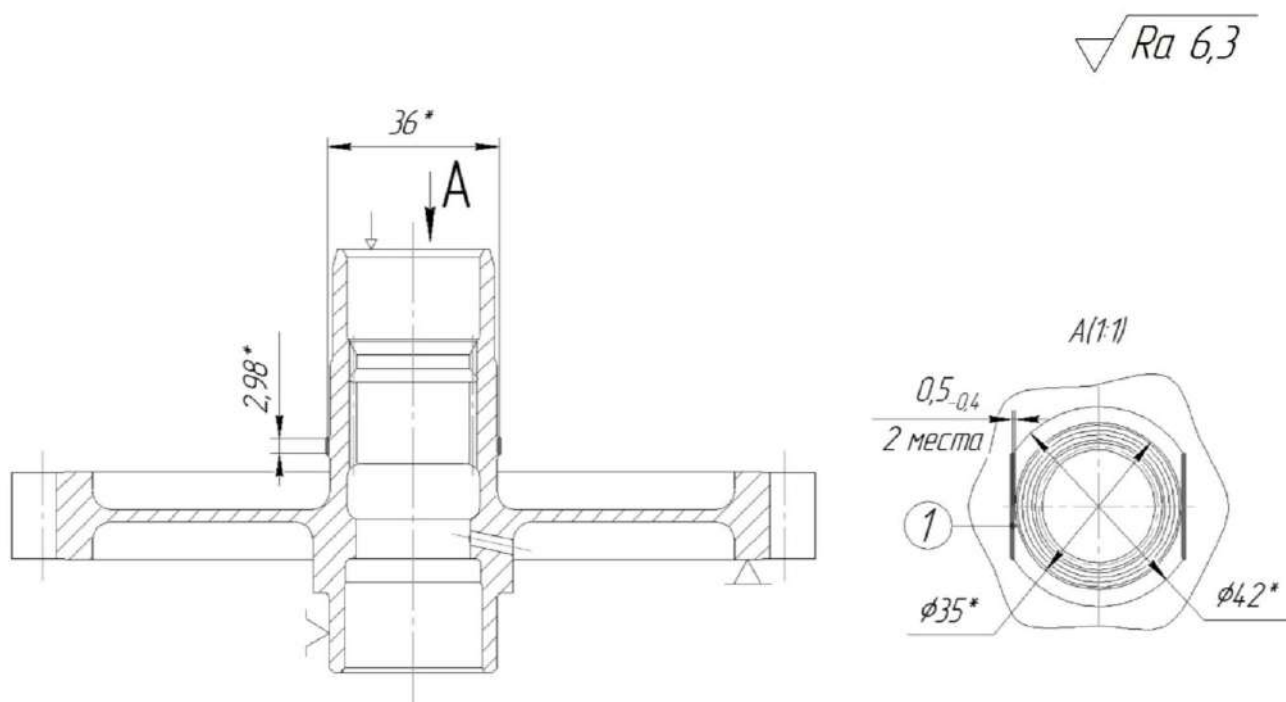


Рисунок 1.23 – Ескіз операції 085

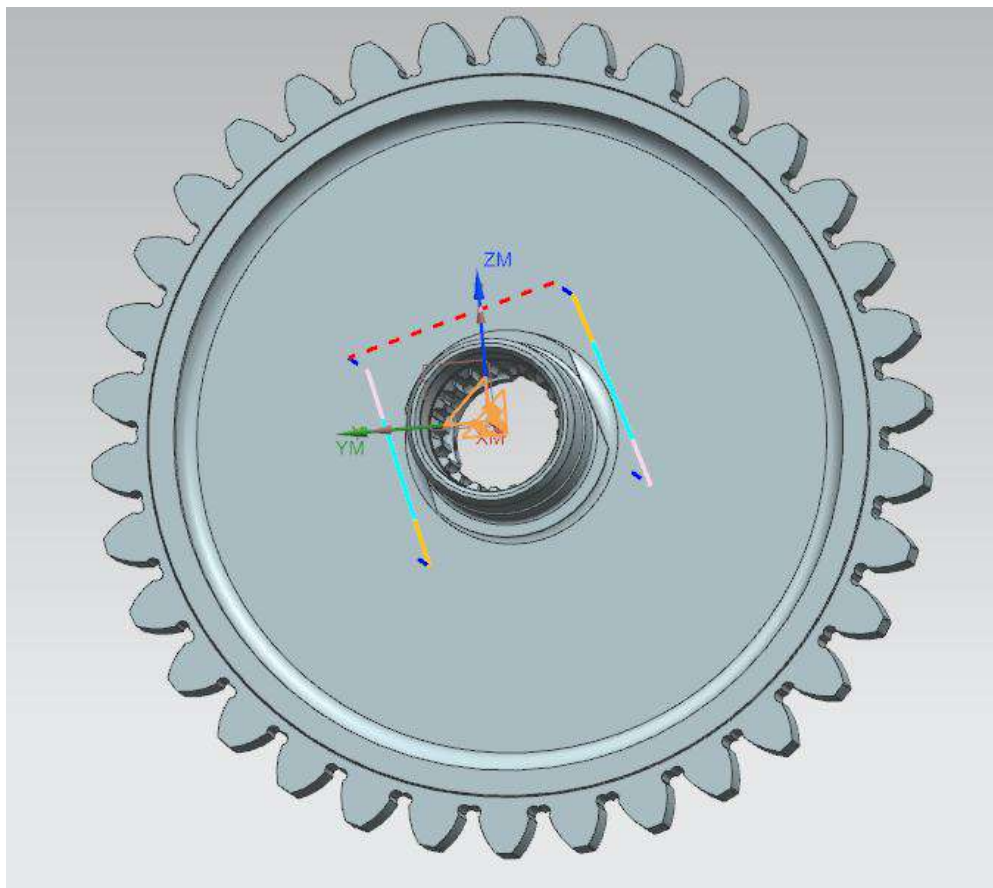


Рисунок 1.24 – Траекторія фрези (оп. 085)

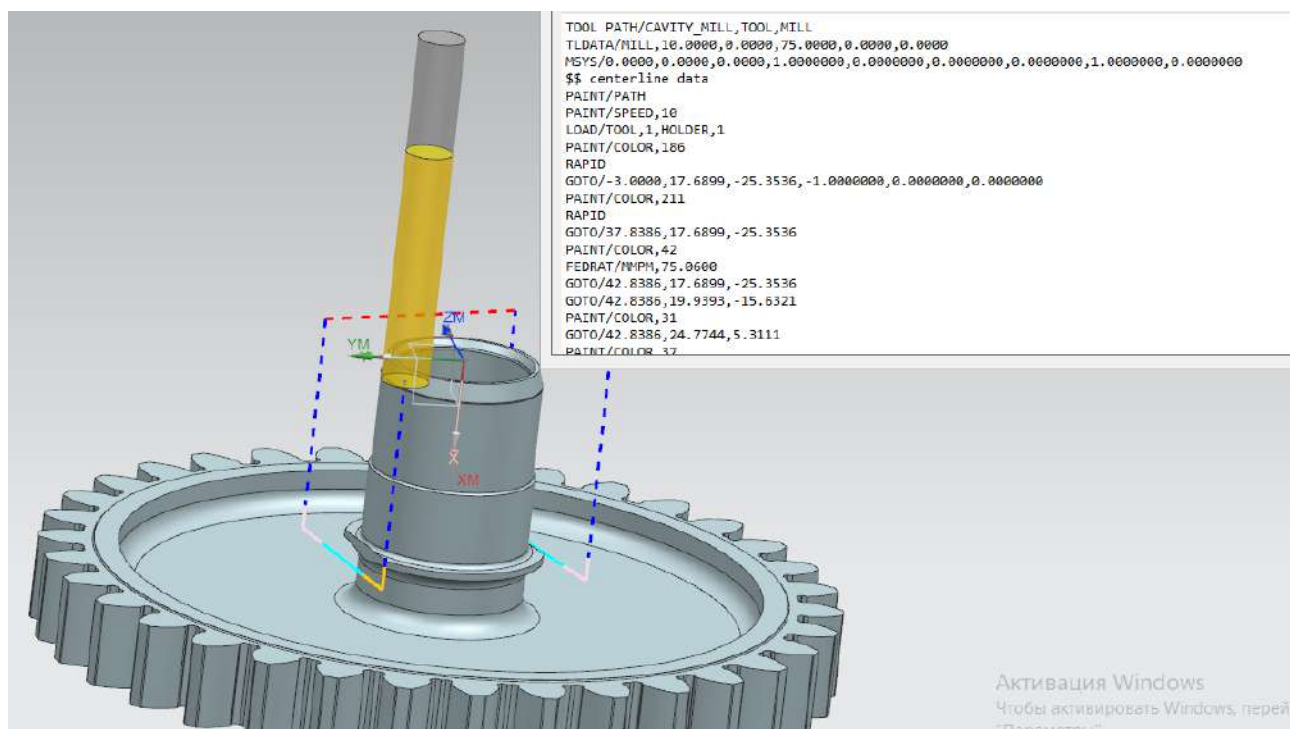


Рисунок 1.25 – Обробка лисок кінцевою фрезою, фрагмент управляючої програми операції 085

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання фрезерного пристосування

2.1.1 Опис конструкції і принципу роботи

Пристосування для фрезерування лисок складається з корпусу 2, до якого приєднано пневмоциліндр 1. Подача стисненого повітря в верхній відділ пневмоциліндру 1 переміщує поршень 5 та шток 4 донизу, що виконує притиск оброблюваної деталі за допомогою притискної плити 3. При подачі стисненого повітря в нижній відділ пневмоциліндру відбувається переміщення штока 4 вгору, оброблена деталь вивільняється. Посадкова втулка 6 забезпечує точність базування деталі в пристосуванні, а застосування механізованого пневмопривода дозволяє істотно скоротити допоміжний час виконуваної операції.

2.1.2 Розрахунок похибки базування

Похибка установки - різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту:

$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_{зак} + \varepsilon_{баз}; \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{баз}$ - похибка базування;

$\varepsilon_{закр}$ - похибка закріплення.

Похибка базування – частина похибки установки, викликана розбіжністю вимірювальної та налагоджувальної баз.

Похибка закріплення виникає в тому випадку, коли напрям сили затиску або її складової збігається з розміром обробки.

Розглянемо схему установки під втулку, в якості направляючої бази приймаємо $\varnothing 35h10_{-0,1}$.

Похибка базування:

$$\begin{aligned} S_{max} &= 35,95 - 35,8 = 0,15 \text{ мм} \\ \varepsilon_{баз} &= S_{max}/2 = 0,15/2 = 0,075 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (2.2)$$

де S_{max} - максимальний зазор в з'єднанні з посадковою втулкою.

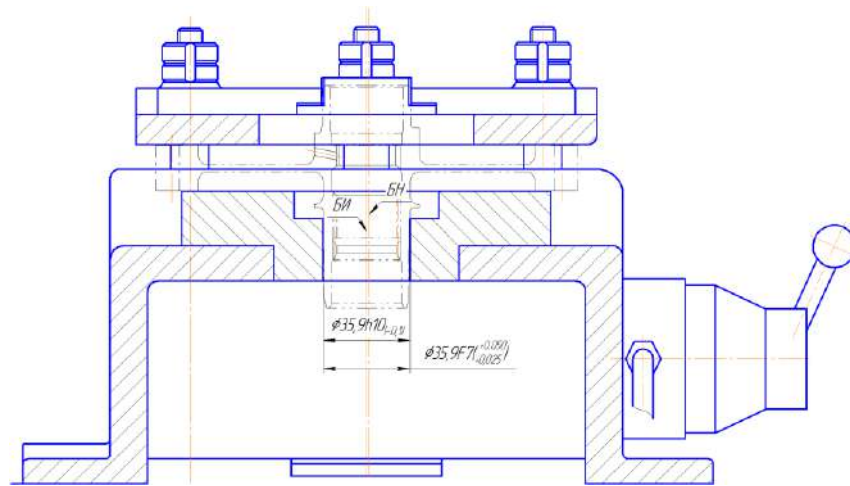


Рисунок 2.1 - Схема базування

Так як напрям сили затиску перпендикулярно розміру, отримуємо:

$$\epsilon_{\text{закр}} = 0 \quad (2.3)$$

Похибка установки за формулою (2.1):

$$\epsilon_{\text{уст}} = 0,075 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Налаштування інструменту на розмір обробки проводиться за допомогою установка-габарита. Щоб уникнути зношування основної поверхні установка користуються щупом.

Розрахунок на точність фрезерних пристосувань полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ (рис. 2.2).

Визначення номінального розміру установка-габарита:

$$N_{\text{уст}} = R_{\text{сп}} + A_{\text{сп}} - S_{\text{сп}} \quad (2.4)$$

де $S = 3_{-0,006} \text{ мм}$;

$A = 0,5_{-0,4} \text{ мм}$.

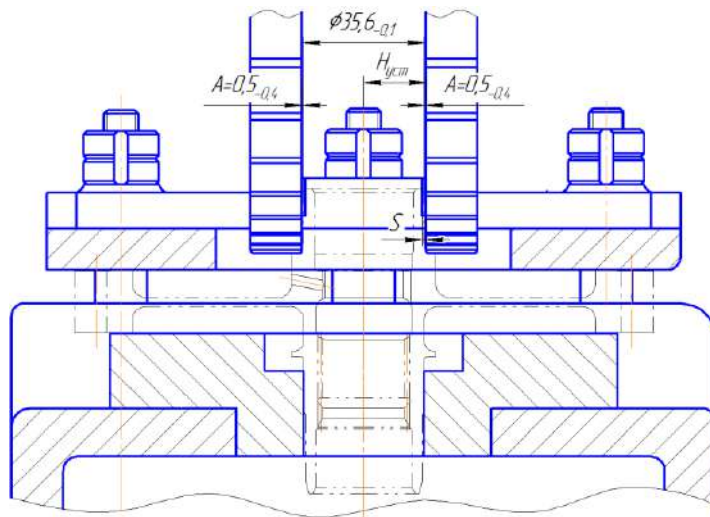


Рисунок 2.2 - Схема для розрахунку на точність

Підставимо дані в формулу (2.4), отримаємо:

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= A - TA/2 = 0,5 - 0,4/2 = 0,3 \text{ мм} \\
 S_{cp} &= S - TS/2 = 3 - 0,006/2 = 2,997 \text{ мм} \\
 D_{cp} &= D - TD/2 = 35,6 - 0,1/2 = 35,55 \text{ мм} \\
 R_{cp} &= D_{cp}/2 = 35,55/2 = 17,775 \text{ мм} \\
 H_{уст} &= 17,775 + 0,3 - 2,997 = 15,078 \approx 15,08 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Визначення допуску на установ:

$$TH_{уст} \leq TA - (K_1 \cdot \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{закр} + K_2 \cdot \omega) \quad (2.5)$$

де TA - допуск на розмір обробки;

$K_1=0,8 \dots 0,85$ - коефіцієнт, що враховує реальну похибка базування;

$K_2=0,6 \dots 0,65$ - коефіцієнт, що враховує частку за середньою економічною точністю обробки і не залежить від конструкції пристосування;

$\omega=0,016$ мм - середня економічна точність обробки.

$$TH_{уст} \leq 0,4 - (0,8 \cdot 0,075 + 0 + 0,6 \cdot 0,016) = 0,33 \rightarrow \pm 0,165 \text{ мм}$$

$$0,1 \leq \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3} \right) T_{об} = \frac{1}{3} \cdot 0,4 = 0,133 \text{ мм}$$

$$TH = 0,1 \rightarrow \pm 0,05$$

Виконавчий розмір установи: $H_{уст}=15,08 \pm 0,05$

2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки

Ефективність затиску залежить від напрямку і місця прикладання сили (рис. 2.3 та 2.4).

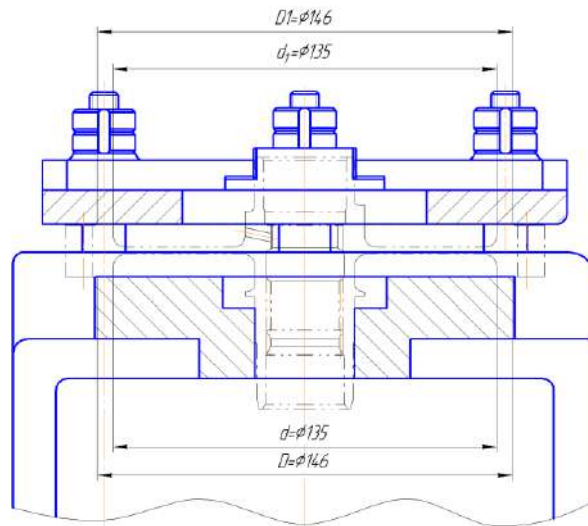


Рисунок 2.3 - Схема до визначення сили закріплення

Дійсна сила затиску W з урахуванням коефіцієнта k дорівнює:

$$M_{mp1} = \frac{wf(D^3 - d^3)}{3(D^2 - d^2)} \quad (2.6)$$

$$M_{mp2} = \frac{wf(D_1^3 - d^3)}{3(D_1^2 - d_1^2)} \quad (2.7)$$

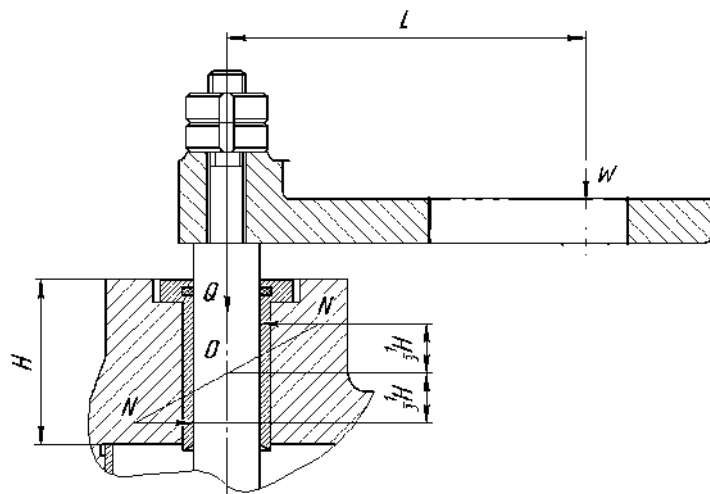


Рисунок 2.4 - Схема до визначення сили штока

$$W = \frac{3M_{рез}}{f \left[\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + \left(\frac{D_1^3 - D_1^3}{D_1^2 - D_1^2} \right) \right]} \quad (2.8)$$

$$W_{\delta} = \frac{3 \cdot M_{рез} \cdot \kappa}{f \left[\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right) \right]} \quad (2.9)$$

де $D = D_1 = 146$ мм;

$d = d_1 = 135$ мм;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя.

Для забезпечення надійності розраховану силу затиску збільшують за допомогою коефіцієнта запасу k , який визначається в залежності від умов обробки. За допомогою цього коефіцієнта враховується зміна умов в процесі обробки: прогресуюче затуплення інструменту і пов'язане з ним збільшення сил різання, нерівномірність припусків, неоднорідність властивостей оброблюваного матеріалу, зміна умов установки заготовок.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.10)$$

де $k_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків;

$k_1 = 1$ - коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску;

$k_2 = 1,15$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$k_3 = 1$ - коефіцієнт, що враховує уривчастість різання;

$k_4 = 1$ - коефіцієнт, що враховує непостійність сил затиску;

$k_5 = 1$ - коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток;

$k_6 = 1,5$ - коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

$$k = 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,58.$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила.

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{i\theta}; \quad (2.11)$$

Значення коефіцієнтів $x=0,86$, $y=0,72$, $q=0,86$, $w=0$, $n=1$, $C_p=68,2$ [7, таб.241, с.291]. K_{mp} - поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу. Дорівнює:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.12)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{928}{750} \right)^{0,3} = 1,06$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,1^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 0,5^1 \cdot 22}{125^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 1,06 = 203,5H$$

Так як одночасно працюють дві фрези, то сила різання дорівнює:

$$P_Z = 2 \cdot 203,5 = 407H$$

Момент різання:

$$M_{pez} = LP_z \quad (2.13)$$

$$M_{pez} = 407 \cdot \frac{0,042}{2} = 8,55$$

$$W_\partial = \frac{3 \cdot 8,55 \cdot 2,58}{0,15 \left[\left(\frac{0,146^3 - 0,135^3}{0,146^2 - 0,135^2} \right) + \left(\frac{0,146^3 - 0,135^3}{0,146^2 - 0,135^2} \right) \right]} = 1046,2H$$

Відповідно до наведеної схеми (рис. 2.4) розраховуємо силу затиску:

$$\begin{aligned} \sum H_0 &= 0 \\ WL + 2 \left(\frac{HN}{3} \right) &= 0 \\ WL &= \frac{2}{3} NH \\ N &= \frac{3WL}{2H} \end{aligned}$$

Сила тертя:

$$F = 2Tf$$

$$\begin{aligned}
N &= \frac{F}{2f} \\
F &= \frac{3Wlf}{H} \\
W &= Q - F \\
Q &= W + F = W + \frac{3Wlf}{H} = W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right) \\
Q &= W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right) = 1046,2 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 116 \cdot 0,15}{45} \right) = 2260H
\end{aligned} \tag{2.14}$$

2.1.5 Розрахунок затискного елемента. Вибір приводу і його параметрів

Привід складається з пневматичної установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, апаратуру управління і регулювання, пневмоциліндри і трубопроводи.

Перевагою пневматичного приводу є швидкість дії. До недоліків відноситься досить низький ККД, великі габарити.

Мінімальний діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 2260}{3,14 \cdot 100}} = 8,05 \text{ мм} \tag{2.15}$$

де $p=0,4$ МПа - тиск повітря в пневмоприводі;

$\alpha=2,25$ - коефіцієнт затягування;

$[\sigma]=100$ МПа - допустиме напруження на розтяг для сталі 40Х.

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2260}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 25^2} = 78,4 \Rightarrow 80 \text{ мм} \tag{2.16}$$

де $\eta = 0,8 \dots 0,85$ - ККД, що враховує втрати на тертя.

Внутрішній діаметр стяжних шпильок:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{z\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2260 \cdot 2,25}{6 \cdot 3,14 \cdot 100}} = 3,3 \text{ мм} \Rightarrow M10 \tag{2.17}$$

Розмір розкриття затискних елементів:

$$h=S_1+S_2+\delta+\Delta \quad (2.18)$$

де $S_1 = 54\text{мм}$ - конструктивний зазор, який дозволяє встановлювати і знімати деталь;

$S_2 = 3\text{ мм}$ - додатковий зазор, який гарантує зручність установки і зняття деталі;

$\delta = 0,2\text{ мм}$ - додатковий зазор, що компенсує похибку розміру деталі в межах допуску;

Δ - додатковий зазор, що компенсує пружні деформації в конструкції пристосування, викликані силою затиску деталі, визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{Q}{J} = \frac{2260}{2000} = 1,13\text{мм} \quad (2.19)$$

де $J=2\text{кН/мм}$ - жорсткість вузла кріплення заготовки.

$$h=54+3+0.2+1,13=58,33\text{ мм}$$

Вибираємо пневмоциліндр 7020-0191 з діаметром поршня 80 мм, мінімальним діаметром штока 25 мм, внутрішнім діаметром шпильок M10, діаметром різьблення штока M16 і ходом поршня, що дорівнює 60 мм.

2.1.6 Розрахунок пристосування на міцність

Найбільш навантаженою деталлю на розтягнення в пристосуванні є шток, а саме мінімальний його перетин в різьбленні M16.

Умови міцності по напруженням розтягу:

$$\sigma = \frac{\kappa Q}{\frac{\pi d_2^2}{4}} \leq [\sigma] \quad (2.20)$$

де Q – зусилля, що діє на шток;

$d_2=13,835\text{ мм}$ - діаметр западин різьблення болта;

$[\sigma] = 200\text{ МПа}$ - допустиме напруження на розтяг для сталі 40Х.

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot 4 \cdot 2260}{13,835^2 \cdot 3,14} = 22,6 < [\sigma] = 200\text{МПа}$$

Умова міцності виконується.

2.2 Контрольне пристосування

2.2.1 Принцип роботи

Основними конструктивними вузлами контрольного пристосування для контролю биття є корпус 5, на якій встановлюються і фіксуються центри 1 і 2 за допомогою рукоятки 4; плита 6, що кріпиться до корпусу гвинтами 8, положення якої визначається штифтом 7. На плиту 6 встановлюється стойка 3 з індикатором годинникового типу ИЧ-01 для вимірювання радіального биття.

Деталь встановлюється в центрах (рис. 2.5), ніжка індикаторного годинника підводиться до поверхні $\varnothing 35,2$, що контролюється. Обертаючи деталь в центрах по зміні показань індикаторного годинника можна визначити радіальне биття.

2.2.2 Обґрунтування вибору засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання (ЗВ) починають з визначення оптимальних метрологічних та експлуатаційних характеристик.

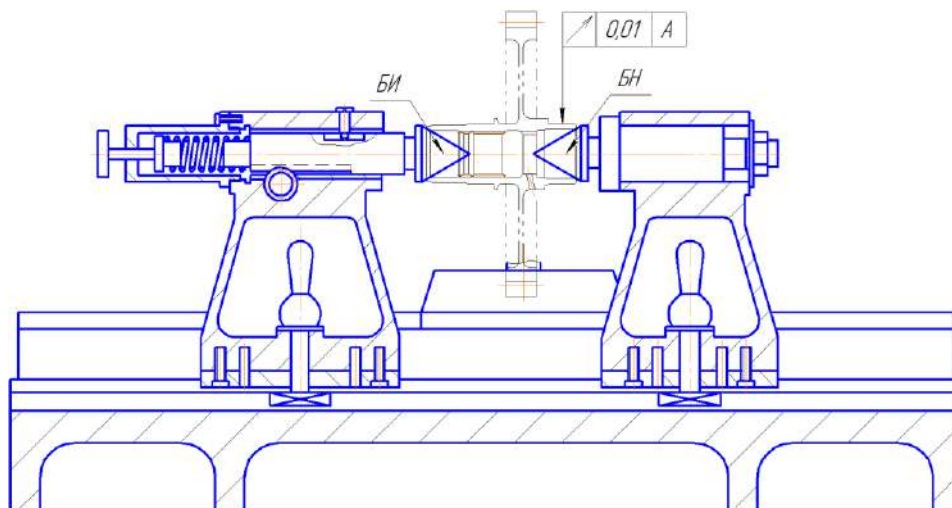


Рисунок 2.5 - Схема базування деталі в контрольному пристосуванні

Допустима сумарна похибка вимірювання контрольно-вимірювального пристосування (КВП) знаходиться як частина допуску контролюваного параметра:

$$|\delta_B| = K \cdot IT \quad (2.21)$$

де K - залежить від квалітету або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35.

$$|\delta_B| = 0,35 \cdot 10 = 3,5 \text{ мкм}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 (СТ СЭВ 303-76) рекомендується прийняти $|\delta_B| = 10 \text{ мкм}$.

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку):

$$\begin{aligned} |\Delta_{IH}| &= 0,7 \cdot |\delta_B| \\ |\Delta_{IH}| &= 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (2.22)$$

Ціна ділення визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ.

Приймаємо $\Delta_{IH} = 1 \text{ мкм}$.

Інтервал поділки шкали (a) беремо 1 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може ускладнити зчитування показань ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП і перш за все освітленість.

Межа вимірювання за шкалою A повинна перевищувати допуск, щоб зняття показань не викликало труднощів. Приймаємо:

$$|A| = 4 \cdot IT = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мкм} = 0,04 \text{ мм} \quad (2.23)$$

Межа вимірювань B засоби (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $|B| = 1 \text{ мм}$.

Вимірювальне умова $P_{ум}$ обумовлюється характером контролюючих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо $P_{ум} = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля $\Delta P_{ум} = 1 \text{ Н}$.

Основним нормованим показником надійності ЗВ є наробіток $\Delta P_{ум}$ до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до ГОСТ 23642-79 кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій:

$$t(P)=2 \cdot 10000=20000$$

Імовірністю безвідмовної роботи поставимо $P = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної галуззю машинобудування.

За відомим допустимим значенням метрологічних, експлуатаційних і надійностних показників, можемо приступити до пошуку ЗВ. Прийнятним вважається ЗВ, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимими.

$\Delta_{IH} \leq \Delta_{IH} $	$P_{ym} \leq P_{ym} $
$c \leq c $	$\Delta P \leq \Delta P $
$a \geq a $	$t(P) \geq t(P) $
$A \geq A $	$P \geq P $
$B \geq B $	$\mathcal{C} \leq \mathcal{C} $

Пошук здійснюємо в таблицях технічних характеристик важільно-зубчастих вимірювальних головок. Найбільш близьким за показниками є індикатор годинникового типу моделі ГЧ-10 (клас I), з наступними параметрами:

$\Delta_{un} = 0,001 \text{ мм}$	$P_{yc} = 2H$
$c = 0,01 \text{ мм}$	$\Delta P = 0,8H$
$A = 1 \text{ мм}$	$P = 0,9$
$B = 10 \text{ мм}$	$t(P) = 500000$

Порівнявши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються.

$\Delta_{IH} = 0,001 \text{ мм} \leq \Delta_{IH} = 0,007 \text{ мм}$	$P_{ym} = 2H \leq P_{ym} = 5H$
$c = 10 \text{ мкм} < c = 20 \text{ мкм}$	$\Delta P = 0,8H \leq \Delta P = 1H$
$A = 1 \text{ мм} > A = 0,08 \text{ мм}$	$t(P) = 500000 \geq t(P) = 20000$
$B = 10 \text{ мм} > B = 2 \text{ мм}$	$P = 0,9 \geq P = 0,85$
$a = 2 \geq a = 2$	

Інші ЗВ мають надлишкову точність і меншу надійність. Тому для розроблюваного контрольного пристосування найбільш підходящим вважаємо індикатор годинникового типу моделі ГЧ-10 (клас точності - I, ГОСТ 577-68).

Обрана для важеля зубчаста вимірювальна головка має габаритні розміри індикатора $l \times d \times b = 108 \times 56 \times 24$, масу 0,2 кг; стандарт на перевірку обговорений інструкцією 141-55. Наконечник забезпечений вставкою з твердого сплаву.

2.2.3 Розрахунок сумарної похибки вимірювання

За допустиму сумарну похибку вимірювань пристосування приймають частину (8...30%) заданого допуску розміру з робочого креслення деталі.

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначають за формулою:

$$\varepsilon_B = \varepsilon_{IV} + \varepsilon_{III} + \varepsilon_{IM} + \sqrt{\varepsilon_{HB}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{IC}^2 + \varepsilon_{3II}^2 + \varepsilon_{CI}^2 + \varepsilon_{DP}^2} \quad (2.24)$$

де $\varepsilon_{IM} = 0$ - похибка, викликана неточністю еталона. В даному пристосуванні еталон не використовується;

$\varepsilon_{HB} = 0$ - похибка базування (настроювальна і вимірювальні бази збігаються);

$\varepsilon_{IC} = 0$ - похибка закріплення (деталь вільно обертається в центрах);

$\varepsilon_{IV} = 0,0015$ мм - частка похибки конструкції пристосування.

$$\varepsilon_{un} = \Delta_{p\partial} + \Delta_{py} + \Delta_{pn} + \Delta_{pk} + \Delta_{pn} \quad (2.25)$$

де $\Delta_{p\partial} = 0$ - похибка від неточності виготовлення довжин плеч важелів;

$\Delta_{py} = 0$ - похибка від неточності виготовлення кута плеч важелів;

$\Delta_{pn} = 0$ - похибка від непропорційного переміщення плеч важелів;

$\Delta_{pk} = 0$ - похибка від зміщення точки контакту важелів;

Δ_{pn} - похибка прямої передачі:

$$\Delta_{pn} = e \frac{s}{h} = 0,2 \frac{0,02}{20} = 0,0002 \text{ мм} \quad (2.26)$$

$$\varepsilon_{III} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0,0002 = 0,0002 \text{ мм}$$

де ε_{3II} - похибка, що виникає через зазори між осями важелів передатних пристроїв при їх наявності. Визначаємо за довідником $\varepsilon_{3II} = 0,006$ мм;

$\varepsilon_{CI} = 0,001$ мм - похибка засобу вимірювання;

$\varepsilon_{DP} = 0,0015$ мм - похибка, викликана дією випадкових факторів.

$$\varepsilon_B = 0,0015 + 0,0002 + 0 + \sqrt{0 + 0 + 0 + 0,006^2 + 0,001^2 + 0,0015^2} = 0,008_{\text{мм}}$$

$$\varepsilon_B = 0,008_{\text{мм}} \leq [\varepsilon_B] = 0,025_{\text{мм}}$$

Умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЗА ДОПОМОГОЮ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Доповнена реальність [11,12] – термін, що позначає всі проекти, спрямовані на доповнення реальності будь-якими віртуальними елементами. Доповнена реальність (в перекладі з англійської *augmented reality* або AR) – це доповнення фізичного світу за допомогою цифрових даних, яке забезпечується комп'ютерними пристроями (смартфонами, планшетами та окулярами AR) в режимі реального часу.

Доповнена реальність – складова частина змішаної реальності ([англ. mixed reality](#)), в яку також входить «доповнена віртуальність» (коли реальні об'єкти інтегруються у віртуальне середовище). Говорячи простими словами, на відміну від [VR](#) (Virtual Reality), яка вимагає повного занурення у віртуальне середовище, AR використовує середовище навколо нас та просто накладає поверх нього певну частину віртуальної інформації, наприклад графіку, звуки та реакцію на дотики. Оскільки віртуальний та реальний світи гармонійно співіснують, користувачі з досвідом доповненої реальності мають змогу спробувати цілком новий, покращений світ, де віртуальна інформація використовується як додатковий корисний інструмент, що забезпечує допомогу в повсякденній діяльності.

Можливості використання AR технологій практично безмежні та можуть бути застосовані майже в усіх аспектах нашого життя. Вони якісно змінюють способи нашого спілкування, споживання інформації та ведення бізнесу. Головна сфера, де знайшла використання доповнена реальність — це розваги. Такі компанії як «Lego» і «Disney» активно ведуть розробку ігор з використанням доповненої реальності, а наміри до них приєднатися висловили практично всі великі виробники іграшок. Можливо, в майбутньому найцікавіші ідеї з розвитку технології будуть звучати від тих, для кого ця сама технологія була просто частиною дитинства.

Саме розваги сьогодні розвивають дослідницьку базу доповненої реальності. А завдяки колосальним обсягами даних, добровільно переданих людьми компаніям-розробникам, технологія в зв'язці з машинним навчанням роблять кроки в бік більш серйозних областей.

Наразі список потенційних користувачів доповненої реальності виглядає так:

- сфера розваг;
- медицина;

- освіта;
- військові технології;
- ремонтні служби;
- авіація (рис. 3.1);
- експлуатація автомобіля;
- служби безпеки;
- транспортні компанії;
- будівництво;
- диспетчерські служби.



Рисунок 3.1 – Доповнена реальність в конструюванні літаків [103]

Технологія доповненої реальності [13] працює за допомогою гаджетів. На сьогодні найбільш часто дана технологія може зустрічатися в «розумних» окулярах, смартфонах і планшетах, які володіють можливістю застосування AR. Для суміщення віртуальних об'єктів і елементів з реальними задіяно процесор пристрою, екран і його камера. Так само пристрій повинен мати GPS-датчик і акселерометр. Користуватися доповненою реальністю зовсім не складно, необхідно лише навести камеру на потрібне місце і на екрані з'явиться результат. Це може бути текст, анімація, тривимірний об'єкт або щось інше.

Ця технологія починає все частіш використовуватись в будівництві, і в машинобудуванні для проектування виробів (рис. 3.2).

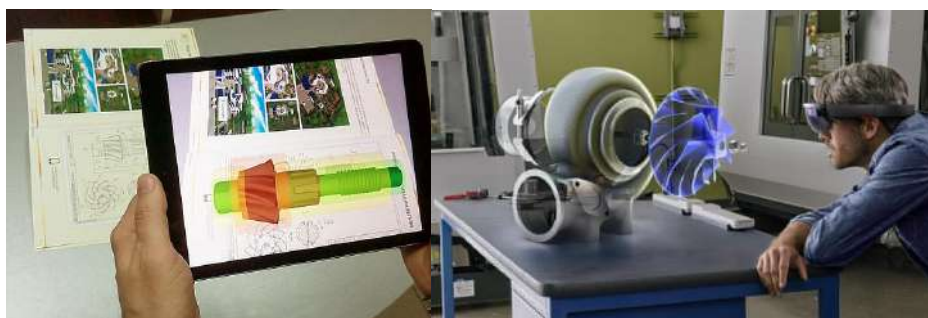


Рисунок 3.2 – Використання технології доповненої реальності в машинобудуванні [14,15] для проектування виробів

Якщо коротко резюмувати, то виходить так, що ми стоїмо на порозі розвитку корисної і функціональної технології, яка будь-коли застосовувалася в нашому повсякденному житті. Доповнена реальність має величезний потенціал і безліч сфер її застосування, починаючи від дозвілля і закінчуючи професійною діяльністю.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дотримання усіх норм охорони праці (ОП) забезпечує досягнення безпечних умов праці на робочих місцях, попереджує виникнення травматизму та професійних захворювань на робочих місцях.

У даному розділі магістерської роботи приведено аналіз потенційно небезпечних факторів, які можуть виникати під час роботи на підприємстві. У ньому розглядаються наступні питання: аналіз потенційних небезпек; заходи по забезпеченню техніки безпеки; заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці; заходи по пожежній безпеці; заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях. Також розглянуто питання про перелік дій робітників, службовців та населення при аварії з викидом (розливом) сильнодіючих отруйних речовин.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:
 - а) нераціонального планування робочого місця верстатника в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;
 - б) захаращення заготовками і деталями робочого місця;
 - в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;
 - г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорсткостями на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.
2. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'язких металів без спец. одягу.
3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя
4. Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального

наслідку;

6. Емоційне перенавантаження, викликане необхідністю виконувати одну і ту саму роботу без перерв на відпочинок сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності;

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

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

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

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

11. Зневага правилами пожежної безпеки може привести до загоряння, пожежі.

12. порушення правил експлуатації електрообладнання може привести до короткого замкнення в електромережі; несправність системи пожежної безпеки може привести до розповсюдженню пожежі та нанесення травм робітникам.

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

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. На дільниці передбачено застосовувати обладнання, що відповідає вимогам Технічного регламенту безпеки машин затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 р. № 62. Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами.

Для уникнення дискомфорту, передчасної втоми, фізичного та психологічного стресу під час організації робочого процесу враховані 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 (ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»).

На кожному робочому місці передбачені посадові інструкції, які встановлюють загальні та кваліфікаційні вимоги, вимоги до знань, обов’язки, права, відповідальність фахівця згідно вимогам НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) «Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров’я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Згідно інструкцій для уникнення травматизму верстат перед початком роботи повинен пройти обов’язкову перевірку. Обов’язково повинна бути перевірена надійність закріплення заготовки та ріжучого інструменту.

Ріжучий інструмент, як і робоча зона та рухомі органи верстата, повинні бути огорожені захисною огорожею або захисним кожухом відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Застосування захисних екранів дає можливість запобігти небезпеці травмування верстатника і тих, що перебувають поблизу верстата, стружкою, що відлітає, та змащувально-охолоджувальною рідиною. Крім того, ці пристрої запобігають забрудненню підлоги стружкою та рідиною. Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з’єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті

відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями».

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

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

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

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

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

Обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для

захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції (ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги»).

Згідно з ПУЕ, ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

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

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

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобігання травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. Для установки заготовок масою більше ніж 8кг та пристосувань масою більше ніж 20кг верстати оснащені індивідуальним підймальним пристроєм. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до

верстата. ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні». Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Для уникнення травмування рук та пальців при переміщенні деталей необхідно використовувати спеціалізовані рукавиці (ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація»).

Для уникнення травмування робітник повинен використовувати спеціалізований одяг та взуття. Респіратори, навушники та захисні окуляри використовуються під час роботи для захисту органів дихання, слуху та очей. Такі засоби захисту використовуються під час роботи на відкритих верстатах та при перевищенні допустимого рівня шуму.

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

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

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»). Мікрокліматичні умови повинні відповідати таким умовам як температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні. Мікрокліматичні умови можуть бути оптимальні чи допустимі. Так оптимальні умови мікроклімату встановлюються для постійних робочих місць, допустимі встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною досяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю.

В холодну пору року на ділянці температура повітря становить 18-20 °С, в теплу - 21-23 °С. Відносна вологість повітря повинна складати 40-60%.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Вимоги до систем вентиляції, кондиціонування та опалення зазначені в ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования». Системи вентиляції, кондиціонування та опалення повинні у різні пори року забезпечувати відповідний мікроклімат у робочому приміщенні. Завдяки системі вентиляції повинно забезпечуватися повна очистка повітря від зайвих домішок у повітрі; подача повітря повинна бути постійною, без перебоїв; вміст пилу не повинен перевищувати 30%.

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати свіже очищене повітря.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії – загально обмінна, місцева, комбінована;
- за призначенням – робоча, аварійна.

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При

неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря). Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію – просочування повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях тощо та провітрювання, що здійснюється при відкриванні вікон та квартир.

Організована природна вентиляція називається аерацією. Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої (ліхтарі) для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачено перекривання на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів. Це особливо важливо в холодну пору року.

Перевагою природної вентиляції є її дешевизна та простота експлуатації. Основний її недолік у тому, що повітря надходить у приміщення без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрязабір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам:

- створювати в робочій зоні приміщень нормовані метеорологічні умови праці (температуру, вологість і швидкість руху повітря);
- повністю усувати з приміщень шкідливі гази, пари, пил та аерозолі або розчиняти їх до допустимих концентрацій;
- не вносити в приміщення забруднене повітря ззовні або шляхом

засмоктування із суміжних приміщень;

- не створювати на робочих місцях протягів чи різкого охолодження;
- бути доступними для керування та ремонту під час експлуатації;
- не створювати під час експлуатації додаткових незручностей (наприклад, шуму, вібрацій, попадання дощу, снігу і т. п.).

Необхідно зазначити, що до вентиляційних систем, встановлених у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях висувається ціла низка додаткових вимог.

Кондиціонування повітря – це створення та автоматичне підтримування в приміщенні заданих або таких, що змінюються за певною програмою метеорологічних умов, які є найбільш сприятливими для працівників чи для нормального протікання технологічного процесу. Кондиціонування повітря може бути повним та неповним. Повне кондиціонування повітря передбачає регулювання температури, вологості, швидкості руху повітря, а також можливість його додаткового оброблення (очищення від пилу, дезінфекції, дезодорації, озонування). При неповному кондиціонуванні регулюється лише частина параметрів повітря.

Кондиціонування повітря здійснюється кондиціонерами, які підрозділяються на центральні та місцеві. Центральні кондиціонери призначені для обслуговування великих за розмірами приміщень. Оброблення повітря проводиться в одному центрі, що розташований поза приміщеннями, в яких здійснюється кондиціонування і зв'язаного з останніми каналами для подачі та рециркуляції повітря. Місцеві кондиціонери мають малу продуктивність і встановлюються безпосередньо в невеликих приміщеннях. Такі кондиціонери, зазвичай, працюють на зовнішньому повітрі за, так званою, припливною схемою.

Система кондиціонування оснащується спеціальними пристроями, які автоматично регулюють за заданими умовами необхідні параметри повітря, а отже й відповідні характеристики теплоносія та холодної води.

Розраховуємо повітрообмін за умови виділення шкідливих речовин, у нашому випадку при обробці дюралюмінію виділяється металевий пил, що надходить у робочу зону, з метою розбавлення його до граничнодопустимої концентрацій по формулі (5.1):

$$L_{\varepsilon} = \frac{G_{\varepsilon p}}{g_{пдк} - g_{п}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.1)$$

де L_{ε} – кількість приточного або видаляє мого повітря в залежності від схеми механічної вентиляції, $\text{м}^3/\text{с}$;

$G_{вр}$ – кількість шкідливих речовин, що виділяються у виробничих приміщеннях, мг/с. У нашому випадку металевий пил при різній механічній обробці: фрезерування – 1,9 мг/с, свердління – 0,4 мг/с, розточування – 0,7 мг/с, шліфування – абразивний пил 10 мг/с, металевий пил 18 мг/с;

$g_{пдк}$ – граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в приміщенні, мг/м³. ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони при обробці деталей з алюмінію наведені у таблиці 4.1.

$g_{п}$ – концентрація шкідливих речовин в зовнішньому повітрі, що подається в приміщення і дорівнює $g_{п} = 0,3 \cdot g_{пдк}$, мг/м³.

Таблиця 4.1 – ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони

№ п/п	Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
1	Алюміній та його сплави (у перерахунку на алюміній)	2	3	а
2	Мідь	1	2	а
3	Кремнію діоксин амфорний	1	3	а
4	Залізо з домішками магнію та марганцю	6	4	а
5	Нікель	0,5	2	а
6	Титан та його діоксид	10	4	а
7	Цинку оксид	0,5	2	а

$$g_{п} = 0,3 \cdot 22,5 = 6,75 \text{ мг/м}^3$$

$$L_{с фрез.} = \frac{1,9}{22,5 - 6,75} = 0,12 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$L_{с св.} = \frac{0,4}{22,5 - 6,75} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$L_{с розт.} = \frac{0,7}{22,5 - 6,75} = 0,04 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розраховуємо кількість повітря, що видаляється від шліфувальних та полірувальних верстатів за формулою (4.2):

$$L = k \cdot d_{кр} \cdot n, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.2)$$

де $d_{кр}$ – діаметр круга - 100 мм;

k – коефіцієнт, що приймається в залежності від матеріалу та діаметра круга – 6;

n – число кругів – 1 шт.

$$L = 1 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{год}$$

З розрахунків можемо зробити висновок, що для забезпечення безпечних умов праці достатньо використовувати місцеву вентиляцію, яка вбудована в верстаті та загальну припливно-витяжну вентиляційну систему по цеху.

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

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. Для металорізальних верстатів передбачено комбіновану систему освітлення робочих зон верстатів. Місцеве освітлення забезпечується лампами розжарювання, для живлення застосовується напруга 42В.

ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» регламентують рівень шуму у робочій зоні. Дані норми встановлюють методи оцінки виробничого шуму, параметри та їх допустимі значення. Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБ. При перевищенні цього значення робочий час повинен бути скорочений в залежності від рівня перевищення шуму. При роботі за верстатами необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту, наприклад, беруші. Верстати повинні бути оснащені шумоізоляційними корпусами.

ДСТУ ISO 2631-1:2004 «Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину» та ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій», ДСТУ EN 14253-2018 «Вібрація механічна, вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова» зазначають рівні вібрації під час верстатних та інших видів робіт, описують вплив рівня вібрацій на здоров'я працюючих. На місцях праці з вібраціями необхідно робити перерви кожні 10-15 хвилин. Для зниження негативного впливу вібрацій на стан здоров'я робітника необхідно регулярно робити огляд у лікаря та виконувати

профілактичне лікування.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення механічної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

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

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

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

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

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без

доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

З метою привернення уваги усіх працюючих пожежні щити, обладнання та інвентар фарбують в червоний колір, відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір».

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

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

4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Прогнозування обстановки у вогнищах ураження.

Планування і підготовка до майбутнього проведення РІНР неможливі без прогнозування (передбачення) обстановки, яка може скластися в можливих вогнищах ураження. Безупинний розвиток засобів ураження і поглядів на їхнє застосування вимагає систематичної роботи з удосконалювання методики прогнозування обстановки і подальшого коректування відповідних розділів планів ЦЗ.

Прогнозування й оцінка обстановки можуть здійснюватися як до нападу, так і за попередніми даними про результати фактичного застосування супротивником ЗМУ із наступним їх уточненням даними розвідки.

До нападу супротивника прогнозування проводиться на основі вихідних даних, які характеризують вражаючі фактори сучасної зброї, місцеві умови і

можливості, що впливають на виконання завдань ЦЗ, а саме: фізико-географічні, метеорологічні, санітарно-епідемічні умови; наявність людських і матеріальних ресурсів; стан транспорту, зв'язку; характер забудови міст та інших населених пунктів; стан ЦЗ (забезпеченість захисними спорудами і ЗІЗ, підготовка заміської зони; впровадження «Норм проектування інженерно-технічних заходів ЦЗ», наявні сили і засоби); наявність ОНГ, при ушкодженні чи руйнуванні яких можуть утворитися вторинні вогнища ураження в результаті вибухів, пожеж, затоплення місцевості і поширення на ній СДОР та ін.

Особлива увага при прогнозуванні й оцінці обстановки приділяється захисту категорійованих міст і об'єктів народного господарства: визначаються ймовірні вогнища ураження, зони руйнувань, катастрофічних затоплень і РЗ, можливі втрати серед населення, сил і засобів ЦЗ. Також прогнозуються ступінь виходу з ладу транспорту, промислових і житлових будинків та споруд, комунально-енергетичних мереж і паливних систем, засобів зв'язку й інших систем, що забезпечують у цілому життєдіяльність міста, району, області, і очікуваний характер та обсяг робіт. На підставі прогнозу здійснюється розрахунок сил і засобів ЦЗ, необхідних для проведення РІНР.

Після нападу супротивника на основі початкових даних про параметри ядерних вибухів, характер і масштаб застосування інших видів ЗМУ також здійснюється прогнозування можливої обстановки, яка проводиться для вживання необхідних заходів захисту, для оцінки можливих втрат о. с. формувань ЦЗ, військ і населення, оцінки обсягу робіт з ліквідації наслідків нападу і для прийняття (уточнення) оптимального рішення на проведення РІНР. При цьому у вогнищах ядерного ураження (ВЯУ) оцінюється і пожежна обстановка, що необхідно для визначення обсягів і термінів виконання протипожежних заходів при проведенні РІНР, заходів щодо відновлення джерел пожежного водопостачання, а також для уточнення розрахунку сил і засобів та рішення на їх використання. Вихідними даними для прогнозування й оцінки пожежної обстановки, крім параметрів ядерного вибуху, можуть бути швидкість і напрямок середнього і приземного вітру та інші матеріали попередньої оцінки.

Прогнозування можливої радіаційної обстановки проводиться з метою визначення масштабів і характеру РЗ місцевості, розробки і здійснення заходів, які виключають чи зменшують втрати від нього. Результати прогнозування є орієнтовними і слугують вихідними даними для організації радіаційної розвідки, захисту населення, сільськогосподарських тварин і рослин,

використання транспортних магістралей в умовах зараження і т.д.

Радіаційна обстановка після застосування ЯЗ оцінюється за даними прогнозування, розвідки і дозиметричною контролю. При її оцінці визначаються зони РЗ місцевості, розраховуються дози радіації, які можуть одержати люди протягом того чи іншого часу перебування в зонах зараження і при їх проходженні, визначаються час початку роботи і кількість змін для проведення рятувальних робіт у вогнищі ураження, режими роботи ОГ і режими захис-ту населення в умовах РЗ. Результати оцінки дозволяють вибрати найбільш прийнятні способи дій сил ЦЗ у вогнищах ураження і намітити заходи щодо їх захисту. Дані про радіаційну обстановку потім уточнюються за даними повітряної, морської (річкової) розвідки й установ мережі спостереження і лабораторного контролю.

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні хімічно небезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними).

Вихідними даними для прогнозування обстановки в ОХП є: засоби, способи і райони застосування супротивником хімічної зброї; типи застосованих ОР (або розлитої СДОР); час застосування хімічної зброї і метеорологічні умови в приземному шарі повітря. Необхідно визначити розміри районів і глибину поширення зараженого повітря, стійкість ОР й оцінити можливі втрати населення.

Застосування супротивником біологічної зброї може створити різні за розмірами вогнища біологічного ураження (ВБУ). Характер вогнища, його масштаби і тривалість дії біологічних засобів залежать від виду і способу застосування збудника, метеорологічних умов і своєчасності проведення організаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. При масованому аерозольному способі застосування і сприятливих для поширення бак-терій метеорологічних умовах може бути заражена територія в сотні і навіть тисячі квадратних кілометрів.

Прогнозуючи обстановку, необхідно визначити можливі розміри зон біологічного зараження, вид збудника, спосіб його застосування і стійкість бактеріальних рецептур, очікувані первинні втрати населення з урахуванням його густоти і забезпеченості засобами захисту, характер зараженості ОГ, майна і технічних засобів, ймовірні вторинні втрати населення в результаті передачі інфекцій від хворих до здорових. Для розрахунку можливих втрат населення необхідно знати: площу зараження; кількість людей, які перебувають

на ній; забезпеченість їх захисними спорудами, ЗІЗ і медичними засобами захисту. При раптовому застосуванні біологічних засобів може бути заражене аерозолями до 50-60% загальної чисельності населення; якщо люди будуть завчасно сповіщені і встигнуть вжити елементарних заходів захисту, втрати становитимуть не більше 15%.

Прогнозування зон можливого катастрофічного затоплення з визначенням їхніх меж, глибини й інших параметрів здійснюється розрахунковим шляхом на основі відповідних методик. Прогнозування зон затоплення після нападу супротивника здійснюється виходячи з характеру фактичних руйнувань чи ушкоджень напірного фронту гідротехнічних споруд і рівня заповнення водоймищ до моменту нападу.

Результати будь-якого прогнозування є наближеними і використовуються органами управління ІДО для аналізу та попередньої оцінки обстановки. Проте якісне прогнозування забезпечує не тільки правильну організацію й успішне проведення рятувальних робіт у вогнищах ураження, а й дає можливість зменшити імовірність утворення таких вогнищ шляхом своєчасного оповіщення населення й укриття чи евакуації його із зон радіоактивного, хімічного і біологічного зараження.

В результаті можна зробити наступний висновок.

Необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з проблем охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників. До них можна віднести недоліки в організації праці, порушення трудової і технологічної дисципліни, недостатню навченість персоналу, відсутність нагляду й контролю за безпечним виконанням робіт і дотриманням норм законодавчої бази.

Формування у майбутніх фахівців знань щодо стану й проблем охорони праці, вироблення вмінь та навичок в сфері управління потенційними небезпеками, охороною праці, пожежною безпекою дасть можливість зменшити травматизм та зберегти здоров'я працюючих.

5 РОЗРАХУНОК ШЕСТЕРНІ НА МІЦНІСТЬ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДУЛЯ NX

Для цього необхідно в модулі NX створити 3D-модель шестерні (рисунок 5.1).

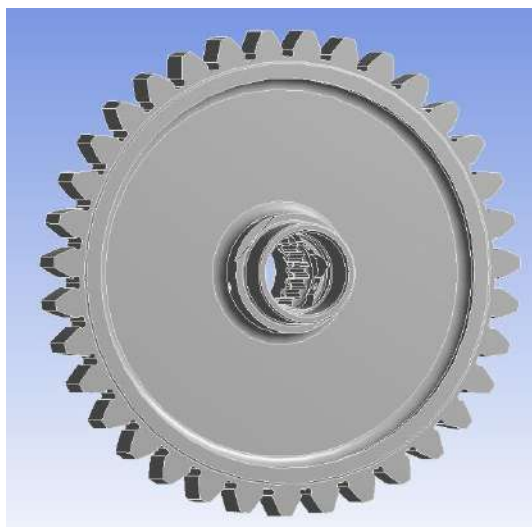


Рисунок 5.1 – 3D-модель шестерні

Далі розбиваємо модель шестерні на скінченні елементи (СЕ) вільною сіткою (рисунок 5.2).

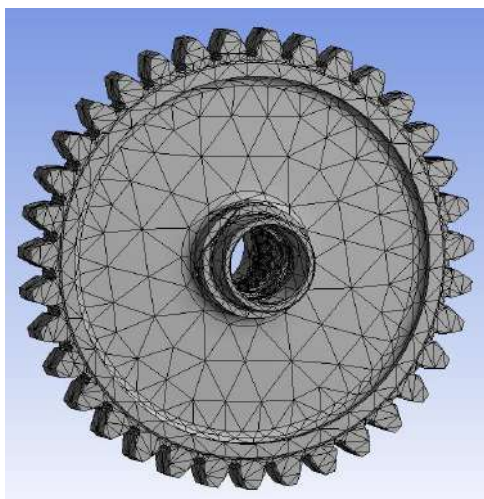


Рисунок 5.2 – Вільна сітка СЕ

Головна функція шестерні – передавати крутний момент між валом та іншою шестернею. Конструктивні елементи, що приймають участь в зубчастій передачі з боку даної шестерні – це внутрішні шліці, по яких деталь встановлюють на вал, та зовнішні зубці зачеплення шестерні. Для

еквівалентного навантаження деталі необхідно закріпити модель за внутрішні шліці та навантажити зубці, що знаходяться в зачепленні одночасно (рис 5.3). Їх суму будемо враховувати, як вихідне навантаження σ_0 . Властивості матеріалу: модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu=0,3$ тощо. Дані закладено в бібліотеку матеріалів пакету.

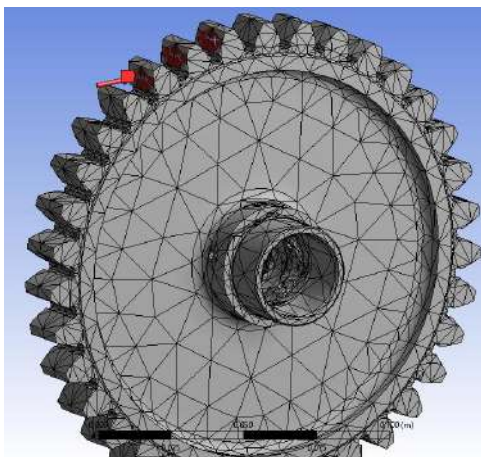
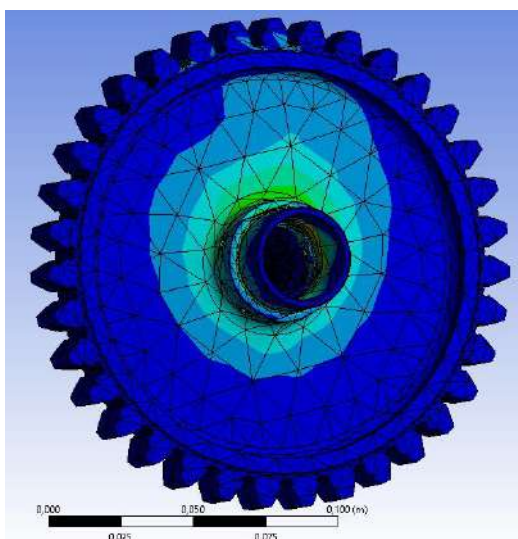
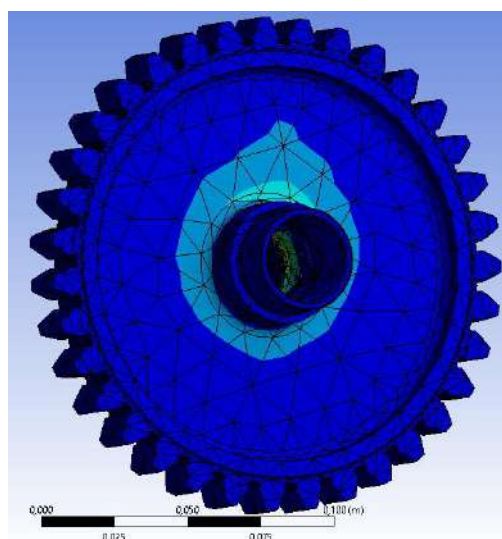


Рисунок 5.3 – Граничні умови та навантаження колеса

Після розрахунку робимо візуалізацію розподілення напружень в моделі (рис. 5.4,а), визначаємо місце розташування небезпечного перерізу – це галтель – радіус заокруглення переходу маточини в полотно шестерні $R4$. Максимальні напруження в небезпечному перерізі складають 120 МПа.



а) $\sigma_{max}=120$ МПа



б) $\sigma_{max}=77$ МПа

Рисунок 5.4 – Розподіл напружень в моделі шестерні при навантаженні $\sigma_0=50$ МПа: при радіусі $R4$ (а) та $R6$ (б)

Галтель (рис. 5.5) є конструктивним концентратором напружень, щоб зменшити його вплив можна збільшити радіус. Перераховуємо задачу залишаючи вихідні дані незмінними, але перестроюємо модель з радіусами галтелі $R=5$ та 6 мм.

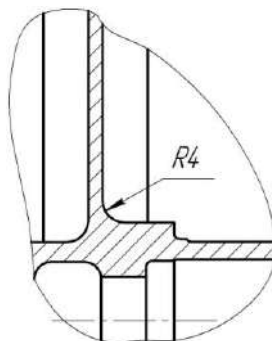


Рисунок 5.5 – Концентратор напружень шестерні

Отримані результати розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) заносимо в таблицю 5.1 та креслимо графік залежності $\sigma_{max}=f(R)$ – рисунок 5.6.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку НДС шестерні

Номер дослідів	Радіус галтелі R , мм	Максимальне напруження σ_{max} , МПа	Зниження напружень моделі, %
1	4,0	120	-
2	5,0	82	31,6
3	6,0	77	35,8

Необхідно зауважити, що коефіцієнт запасу міцності $n_\sigma = [\sigma_\theta]/\sigma_{max}$ по відношенню до межі міцності даного матеріалу ($\sigma_\theta=1080$ МПа) при будь-якому значенні дослідженого діапазону радіусу галтелі – не нижче $n_\sigma=9\dots14$.

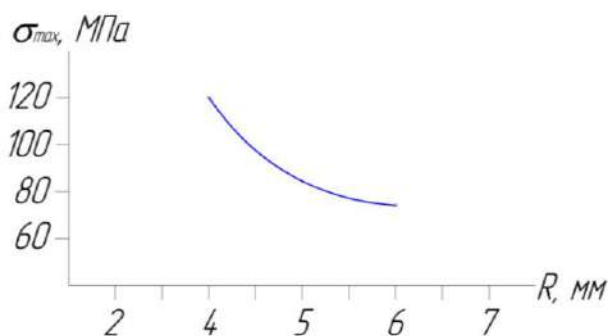


Рисунок 5.5 – Залежність $\sigma_{max}=f(R)$

Розраховуємо зниження рівня напружень в небезпечному перерізі відносно збільшення радіусу галтелі:

$$\text{при } R=5 \text{ мм: } \Delta_2 = (\sigma_1 - \sigma_2) / \sigma_1 = 100 \cdot (120 - 82) / 120 = 31,6\%$$

$$\text{при } R=6 \text{ мм: } \Delta_3 = (\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_1 = 100 \cdot (120 - 77) / 120 = 35,8\%$$

При перерахунку з величиною галтелі 7 мм напруження в ній стає ще меншим (59 МПа), але небезпечний переріз спостерігається вже в іншому місці – в зубцях внутрішніх шліців, що є недопустимим. Тому раціональним значенням радіусу галтелі можна вважати 6 мм.

6 СПЕЦЗАВДАННЯ. ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИХ ЩІТОК ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЗАДИРОК ПІСЛЯ НАРІЗАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ

На сьогоднішній день невід'ємною частиною технологічного процесу виготовлення деталей шляхом механічної обробки є слюсарна операція. Її мета – зняття задирок, залишених ріжучим інструментом на поверхні деталі та притуплення гострих кромek. Слід зазначити, що слюсарна обробка, як правило, виконується вручну, що збільшує витрати часу на її проведення. Однак якщо оброблювана деталь має елементи зубчастого зачеплення, трудомісткість слюсарної операції істотно зростає, що в сукупності з ручним характером виконання може вплинути на якість готового продукту. Оригінальний технологічний процес виготовлення зубчастого колеса передбачає використання класичного абразивного інструменту, що в деякій мірі збільшує продуктивність обробки. Проте як і раніше операція є трудомісткою, а якість обробки і її постійність залежить від професіоналізму і навичок робітника. При цьому кресленням деталі передбачається зняття задирок і притуплення гострих кромek з усіх боків зубців і западин. Слюсарну обробку зубчастого вінця даної деталі виконують за три операції, що формують радіус заокруглення відповідно на периферійних кромках зубців, бічних кромках зубців і кромках западин.

Тому в якості спецзавдання магістерської роботи запропоновано метод фінішної обробки зубчастого вінця, який дозволяє виконати слюсарну обробку з високою продуктивністю і якістю, без застосування ручної праці за одну операцію.

Одним з перспективних методів фінішної обробки на сьогоднішній день є обробка за допомогою полімерно-абразивних щіток (ПАЩ). Це інструмент на основі полімерно-абразивних волокон, який застосовується для виконання фінішних операцій з метою:

- забезпечення заданої шорсткості поверхні;
- очищення виробів, що були в експлуатації від забруднень, оксидів, оксидних плівок, покриття, бруду;
- видалення задирок, рисок з поверхні деталі;
- притуплення гострих кромek і створення радіусів заокруглень.

ПАЩ є інструментом обертальної дії, і являє собою, як правило, металеву маточину, в якій закріплені полімерно-абразивні волокна (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Щітковий інструмент на основі полімерно-абразивних волокон (фірми «Osborn»)

Волокно ПАЩ (рис. 6.2) складається з двох компонентів:

- поліамід (нейлон) – міцний і високо-еластичний полімерний матеріал, який виступає в якості сполучного елемента;
- абразивні зерна, які безпосередньо беруть участь в процесі різання.



Рисунок 6.2 – Волокна полімерно-абразивного інструменту

Процентне співвідношення, в якому знаходиться обсяг абразивних зерен в загальному обсязі матеріалу волокна, становить близько 40%. Дане співвідношення є раціональним, тому що забезпечує високу міцність і еластичність волокон, що володіють ріжучими властивостями.

ПАІ на основі волокна випускається різної форми і конструктивного виконання (рис. 6.3). Застосування тієї чи іншої конфігурації даного інструменту обумовлюється формою і кривизною оброблюваної поверхні.

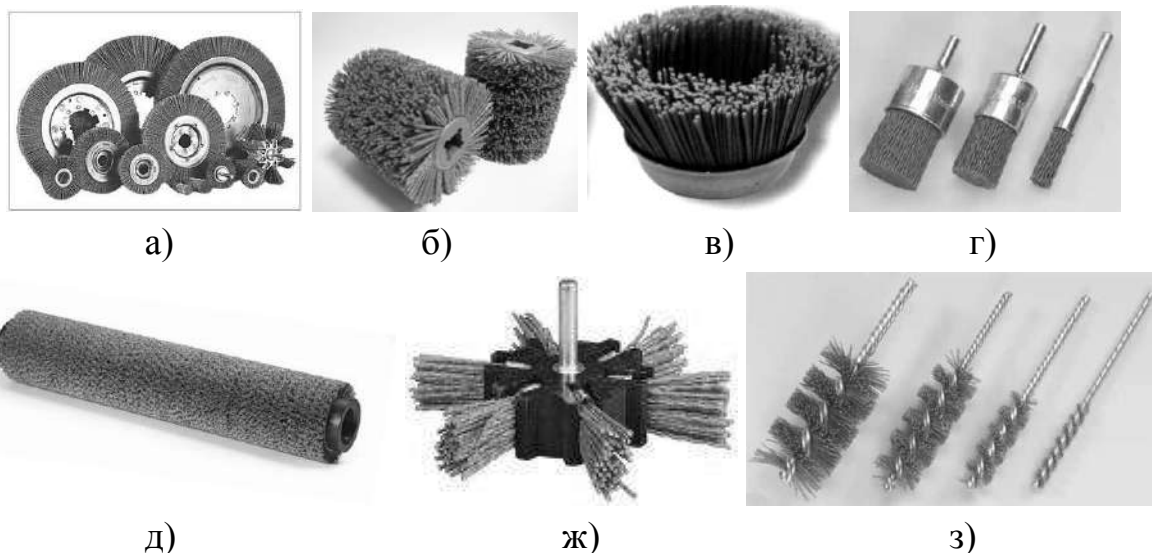


Рисунок 6.3 – Конфігурація ПАЩ (фірма «Osborn»):
 а) дисковий; б) циліндричний; в) торцевий; г) кінцевий;
 д) роликовий; ж) пелюстковий; з) йоршики

Габаритні розміри ПАЩ на основі волокон коливаються в широкому діапазоні. Полімерно-абразивний інструмент має такі технічні характеристики [13]:

- діаметр інструмента D ; знаходиться в межах 6...350 мм;
- ширина робочої частини інструменту B залежить від конструктивного виконання інструменту – від 2 мм, набирається необхідної ширини;
- довжина вильоту волокна L - залежить від конструктивного виконання ПАЩ, і досягає 60 мм;
- діаметр волокна d - до 1,5 мм;
- матеріал абразивних зерен: електрокорунд нормальний 14А або карбід кремнію 63С;
- зернистість абразиву в межах F80...F290.

Застосування полімерно-абразивного інструменту має такі переваги:

- завдяки волокнистій структурі, яка повторює контур оброблюваної поверхні, а також малим зусиллям різання, даним інструментом можлива обробка тонкостінних і складнопрофільних поверхонь виробів, виконаних з різних матеріалів;
- великий період стійкості інструменту;
- висока продуктивність обробки;
- можливість механізувати і автоматизувати фінішні операції;
- висока якість обробленої поверхні (до 10...12 класів шорсткості);

- немає необхідності застосовувати складне і дороге устаткування;
- невисока температура в зоні обробки (до 100 °С);
- обробка ПАЩ супроводжується зміцненням поверхневого шару деталі і наведенням стискуючих залишкових напружень.

До недоліків даного методу обробки відноситься:

- необхідність застосування ЗОТС на деяких режимах, з огляду на те, що полімерний матеріал волокон плавиться при відносно низькій (80...120 °С) температурі.

Виконання слюсарної обробки зубчастого вінця даної деталі пропонується з використанням дискової ПАЩ (рис. 6.4). Для цього остання обертається з необхідною швидкістю. Ширина робочої частини інструменту *В* обирається таким чином, щоб забезпечити одночасну обробку крайки западини зубців і двох сусідніх крайок периферії зубців. Обробка бічних крайок зубців проводиться паралельно під час обертання зубчатого колеса.

Знімання задирок відбувається без додаткових витрат часу на переустановлення деталі, а застосування двох, або й більше ПАЩ одночасно істотно зменшує основний час цієї операції.

Автоматизація даної операції можлива шляхом використання спеціальної установки, вже створеної раніше, в якій встановлювали механічні щітки з металевим ворсом. Оскільки інструмент має волокнисту структуру, а також сили, що діють на оброблювану деталь (в порівнянні з обробкою різанням) є незначними, дану установку виготовлено без застосування складних і високоточних компонентів, що володіють високою конструктивною жорсткістю. Проектований пристрій дозволяє:

- задавати обертальний рух деталі, з метою обробки всього зубчастого вінця;
- задавати обертання вживаної ПАЩ зі швидкістю, яка залежить від матеріалу оброблюваної деталі.

Слюсарну обробку можна виконати більш ефективно, застосувавши ще одну ПАЩ з другого боку зубчатого вінця, що підвищить продуктивність в 2 рази.

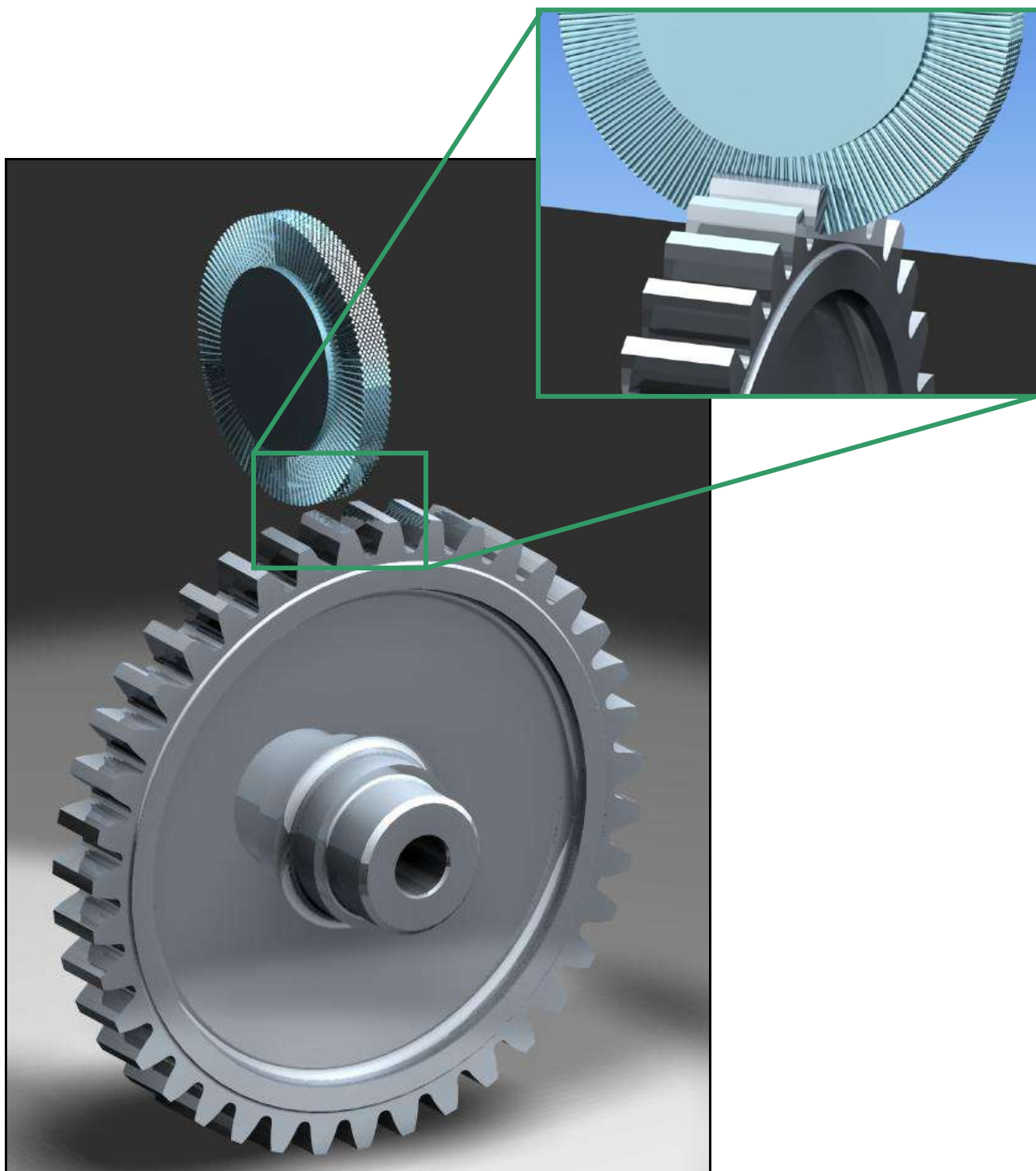


Рисунок 6.4 - Слюсарна обробка зубчастого колеса з одного боку за допомогою ПАЩ

Нижче наведено приклад обробленої поверхні западини зубців після зубофрезерування (рис. 6.5,а) і подальшої слюсарної обробки із застосуванням ПАЩ (рис. 6.5,б).



Рисунок 6.5 - Приклад обробленої поверхні западини зубів:
а) після зубофрезерування; б) після слюсарного оброблення ПАЩ

Таким чином, застосування щіткових полімерно-абразивних інструментів при виконанні слюсарних операцій дозволить істотно збільшити продуктивність обробки, забезпечивши її високу якість і стабільність, які не залежать від майстерності і рівня кваліфікації робітника. При цьому безпосереднє зняття задирок можливо виконувати в автоматичному режимі.

7 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТА НА СЛЮСАРНІЙ ОПЕРАЦІЇ ЗАЧИСТКИ ЗУБЦІВ

У даному технологічному процесі для підвищення техніко-економічних показників (ТЕП) було запропоновано використати полімерно-абразивні щіткові інструменти (варіант 2) для слюсарної обробки замість металевих щіток (варіант 1), які використовують на даний час в базовому ТП. В обох варіантах обладнання, режими, час виконання тощо – однакове. Різниця в вартості інструментів та в їх стійкості.

До того ж, необхідно мати на увазі, що частина металевого ворсу - дроту під час роботи від постійних перегинів відламується в місці їх закріплення біля маточини і створює небезпеку для робітника через їх високу швидкість. Полімерно-абразивні щітки позбавлені цього недоліку – їх зношення протікає повільно, стабільно без відривання великих частин волокон.

Розрахуємо річну економію за рахунок використання іншого інструменту не враховуючи вартість основного матеріалу:

$$E_p = [(B_1 + E_n \cdot K_1) - (B_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot N_{pich} \quad (7.1)$$

де B_1, B_2 – технологічна вартість одиниці продукції двох варіантів;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективних капітальних витрат ($E_n=1,3$);

K_1, K_2 – питомі капітальні витрати на одиницю продукції двох варіантів.

$$K_1 = C_{bal1} / N_{pich} \quad K_2 = C_{bal2} / N_{pich} \quad (7.2)$$

де C_{bal1}, C_{bal2} – балансова собівартість обладнання двох варіантів, грн.

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

$$B = M_o + Z_{op} + A_{eo} + B_{pe} + B_{ce} + B_i + B_n \quad (7.3)$$

де M_o – вартість основних матеріалів, грн/шт:

$$M_o = H_g \cdot C_m - C \cdot C_g \quad (7.4)$$

Проте вартість основних матеріалів однакова для обох варіантів, тому розрахунок далі будемо проводити без їх врахування.

Z_{op} – основна заробітна плата основних робочих, грн/шт:

$$Z_{op} = P_{в.см} \quad (7.5)$$

$A_{вд}$ – амортизаційні відрахування на деталь, грн/шт:

$$A_{вд} = C_{бал} \cdot H_a / (100 \cdot N_p) \quad (7.6)$$

де $C_{бал}$ – балансова собівартість обладнання, грн/шт;

H_a – норма амортизації, %;

$B_{ре}$ – витрати на виконання ремонту, грн:

$$B_{ре} = 0,5 \cdot A_{вд} \quad (7.7)$$

$B_{се}$ – витрати на силову енергію, грн:

$$B_{се} = \frac{N_{обл} \cdot K_n \cdot T_{маш} \cdot Ц_e}{60} \quad (7.8)$$

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

K_n – коефіцієнт попиту 0,7...0,9;

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

$Ц_e$ – ціна кВт/годину силової енергії, грн/кВт.

B_i – витрати на різучий інструмент, грн:

$$B_i = B_{хв} \cdot T_{маш} \cdot K_{под} \quad (7.9)$$

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

$K_{под}$ – коефіцієнт подорожчання інструменту;

B_n – витрати на експлуатацію приміщення, що займає обладнання, грн:

$$B_n = \frac{S_{в} \cdot K_{дод} \cdot T_{шт} \cdot B_{прим}}{\Phi_o \cdot 60 \cdot K_{в.н}} \quad (7.10)$$

де $S_{в}$ – виробнича площа, що займає обладнання, м²;

$K_{дод}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу;

$B_{прим}$ – експлуатаційна вартість приміщення, що займає обладнання, грн.

Розрахунок технологічної собівартості обох варіантів.

Вартість основних матеріалів не враховуємо.

Основну заробітну плату основних робочих розраховуємо за формулою (7.5). Робітник слюсар повинен мати 4-й розряд:

$$Z_{o1} = Z_{o2} = 3,15 \text{ грн/шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (7.6):

$$A_{\epsilon\partial 1} = A_{\epsilon\partial 2} = \frac{25000 \cdot 4}{100 \cdot 2000} = 0,5 \text{ грн.}$$

Витрати ремонту розраховуються наступним чином за формулою (7.7):

$$B_{pe1} = B_{pe2} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25 \text{ грн.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (7.8):

$$B_{ce1} = B_{ce2} = \frac{7,5 \cdot 0,7 \cdot 12,8 \cdot 1,68}{60} = 1,88 \text{ грн}$$

Визначимо витрати на ріжучий інструмент (PI). Попередньо розрахуємо $B_{xв}$ – вартість експлуатації однієї хвилини ріжучого інструменту, грн/хв.

Стійкість металевої щітки складає $T_1 = 16$ год, полімерно-абразивної щітки $T_2 = 64$ год.

Кількість щіток на рік для виконання цієї операції складає:

$$K_{щ} = \frac{T_{шт-к} \cdot N_p}{T \cdot 60}$$

$$K_{щ1} = \frac{12,8 \cdot 2000}{16 \cdot 60} = 26,6 \text{ щіток}$$

$$K_{щ2} = \frac{12,8 \cdot 2000}{64 \cdot 60} = 6,65 \text{ щіток}$$

Вартість набору інструментів (щіток на рік):

$$B_{щ} = K_{щ} \cdot C_{щ}$$

$$B_{щ1} = 26,6 \cdot 100 = 2660 \text{ грн;}$$

$$B_{щ2} = 6,65 \cdot 300 = 1995 \text{ грн.}$$

Вартість експлуатації однієї хвилини щітки:

$$B_{xe} = \frac{B_{щ}}{T_{шт-к} \cdot N_p}$$

$$B_{xe1} = \frac{2660}{12,8 \cdot 2000} = 0,1 \text{ грн/хв}$$

$$B_{xe2} = \frac{1995}{12,8 \cdot 2000} = 0,07 \text{ грн/хв}$$

Витрати на ріжучий інструмент (PI) розраховуємо за формулою (7.9):

$$B_{i1} = \frac{(0,1 \cdot 12,8) \cdot 1,1}{60} = 1,41 \text{ грн}$$

$$B_i = \frac{(0,07 \cdot 12,8) \cdot 1,1}{60} = 0,98 \text{ грн}$$

Витрати на експлуатацію приміщення, яке займає обладнання, розраховуємо за формулою (7.10):

$$B_{n1} = \frac{5,3 \cdot 2 \cdot 15,3 \cdot 1000}{4015 \cdot 60 \cdot 0,94} = 0,71 \text{ грн}$$

$$B_{n2} = \frac{5,3 \cdot 2 \cdot 14,9 \cdot 1000}{4015 \cdot 60 \cdot 0,94} = 0,69 \text{ грн}$$

Штучний час 1-го варіанту більше через те, що необхідно в 4 рази частіше міняти металеву щітку по відношенню до другого варіанту.

Розраховуємо технологічну вартість обох варіантів за формулою (7.3), враховуючи додаткові витрати працівнику на захисну маску з прозорим склом, що може захистити все лице від шматочків дроту ($B_{зл} = B_{маски} / N_p = 150/2000=0,075$ грн), замість звичайних захисних окулярів:

$$B_1 = 3,15 + 0,5 + 0,25 + 1,88 + 1,41 + 0,71 + 0,075 = 7,98 \text{ грн.}$$

$$B_2 = 3,15 + 0,5 + 0,25 + 1,88 + 0,98 + 0,69 = 7,45 \text{ грн.}$$

Питомі капітальні витрати варіантів обладнання, які приходять на одиницю продукції, розраховуємо за формулою (7.2):

$$K_1=45000/2000=22,5 \text{ грн/шт};$$

$$K_2=45000/2000=22,5 \text{ грн/шт}.$$

Розрахунок річної економії без врахування вартості основного матеріалу проводимо за формулою (7.1):

$$E_p=[(7,98+0,1 \cdot 22,5)-(7,45+0,1 \cdot 22,5)] \cdot 2000=1032,25 \text{ грн}.$$

Як бачимо, економічно ця заміна вигідна незначно, за рік всього 1032,25 грн. Але ми прибираємо небезпечний РІ з деякою економією часу.

Зниження трудомісткості операцій двох варіантів розраховуємо за формулою:

$$\alpha = \frac{T_{шт1} \cdot T_{шт2}}{T_{шт1}} \cdot 100\% \quad (7.11)$$

де $T_{шт1}$, $T_{шт2}$ – норма штучного часу двох варіантів, хв.

$$\alpha = \frac{15,3 - 14,9}{15,3} \cdot 100 = 2,6\%$$

Зниження трудомісткості, в нормо-годинах на річну програму, визначаємо наступним чином:

$$E_m = \frac{T_{шт1} - T_{шт2}}{60} \cdot N \quad (7.12)$$

$$E_m = \frac{15,3 - 14,9}{60} \cdot 1000 = 13,3 \text{ нормо-год}$$

Якщо в робочих днях, то економія всього 1,5 робочих дня на рік.

Економія по фонду заробітної плати з відрахуваннями соціального страхування визначається за формулою:

$$E_{\Phi-ЗП} = E_m \cdot C_{год} \cdot (1,3 \dots 1,5) \cdot 1,3955 \quad (7.13)$$

де 1,3...1,5 - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;
1,3955 - коефіцієнт відрахування на соціальне страхування.

$$E_{\Phi-ЗП} = 13,3 \cdot 12,19 \cdot 1,3 \cdot 1,3955 = 294,86 \text{ грн}.$$

Тому можна сказати, що економія заробітної плати перевищила втрати на виконання операції.

Приріст продуктивності праці за рахунок зниження трудомісткості виконання операцій, %:

$$\Delta_{пп} = \frac{100 \cdot \alpha}{100 - \alpha} \quad (7.14)$$
$$\Delta_{пп} = \frac{100 \cdot 2,6}{100 - 2,6} = 6,7\%$$

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту відповідно до завдання детально розроблено технологічний процес виготовлення деталі – шестерні, що має циліндричну форму і зубці прямого профілю. Обрано і економічно обґрунтовано метод отримання заготовки, яким є штампування нормальної точності на КГШП. Також розроблена маршрутна технологія, якою забезпечується якість поверхонь деталі і заготовки, і розроблено маршрут виготовлення деталі з призначеної номенклатурою металорізального обладнання. В ході роботи було виконано призначення припусків на заготовку, а також проведено розмірний аналіз, в результаті якого були отримані фактичні розміри заготовки, технологічні операційні розміри і необхідні дані для подальшого проектування операцій. За допомогою комп'ютерного пакету NX створені керуючі програми для трьох операцій.

В ході роботи запропоновано такий прийом автоматизації, як доповнена реальність, за допомогою якої, наприклад, по кресленням складальної одиниці можна отримати її тривимірну віртуальну модель, яку можна повертати і розглядати з усіх боків, оцінюючи роботу конструктора і правильність отриманого виробу на етапі його конструювання.

Дана пояснювальна записка включає розрахунок пристосування для виконання фрезерної операції, що дозволило підвищити продуктивність обробки внаслідок скорочення допоміжного часу, що витрачається на цю операцію, що доцільно в умовах запропонованого виробництва.

Також деталь було розраховано на міцність в пакеті NX та оптимізовано конструкцію галтелі ($R = 5, 6$ та 7 мм), яка є концентратором напружень і в якій при роботі розташовується небезпечний переріз; вибрано раціональне значення радіусу галтелі.

У спецзавданні запропоновано виконання оздоблювальної та слюсарної обробки зубчастого вінця, як найбільш технологічно складного елемента, робити за допомогою використання щіткових полімерно-абразивних інструментів і обладнання, які дозволяють забезпечувати високу продуктивність і якість виконаних робіт.

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 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // уклад.: В. І. Ципак (перевидання 3-є). Під ред. Гончар Н. В. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальності «Технологія машинобудування» / Укл. В.Д. Хорошков. О.В. Алексеєнко. Д.В. Павленко – Запоріжжя: ЗДТУ, 1999. – 78с.
3. Богуслаєв В.О., Ципак В.І., Яценко В.К. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. - Запоріжжя, вид-во ВАТ“Мотор Січ”, – 2003. – 336 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. Т. 1. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496с.
5. Мягков В.Д. Допуски и посадки. Справочник. [Текст]. Т.2. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
6. Методичні вказівки з оформлення технологічної документації в курсових проектах та магістерських роботах для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" усіх форм навчання / уклад. В. О. Логомінов. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 70 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. Т. 2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.– М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
8. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учеб. пособие – Минск: Выш. школа, 1983. – 256 с.
9. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т. 2 Под ред. Е.И. Стружестраха. М.: Машгиз, 1961. – 891 с.

10. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1976. – 288с.

11. Электронний ресурс: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Доповнена реальність](https://uk.wikipedia.org/wiki/Доповнена_реальність).

12. Электронний ресурс: <http://thefuture.news/page1837780.html>.

13. Электронний ресурс: <https://blog.comfy.ua/ua/shho-take-dopovnena-realnist-i-chim-vona-vidriznyaetsya-vid-virtualnoyi-realnosti>.

14. Электронний ресурс: <https://devar.com.ua/ozhidaemaya-produkciya/arhitektura>.

15. Электронний ресурс: http://www.mosboatshow.ru/boat/press/detail_news.php?ELEMENT_ID=50750.

16. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

17. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерне забезпечення технологічної підготовки виробництва» для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» та 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» спеціалізації «Авіаційні двигуни та енергетичні установки» галузі знань «Механічна інженерія» / уклад. ст. викл. Кучугуров М. В., доц., к.т.н. Павленко Д. В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 124 с.

19. Димов Ю.В. Исследование качества поверхности при скруглении кромок полимерно-абразивными щетками [Текст] / Ю.В. Димов, Д.Б. Подашев // Вестник Ир ГТУ. – 2016. – Том 20, №9. – С. 23-34.

20. Макаров В.Ф. Моделирование и реализация процесса скругления кромок деталей газотурбинного двигателя абразивно-полимерными щетками [Текст] / В.Ф. Макаров, А.В. Виноградов // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы. Шлифабразив-2014: сборник статей Международной научно-технической конференции / Волгоград: ВолгГАСУ. – 2014. – С.172-175.

21. Серебrenицкий П.П. Обработка деталей механическими щетками / П.П. Серебrenицкий [Текст] – Ленинград: Лениздат, 1967г. – 152 с.

22. Дядя С.И. Обоснование выбора полимерно-абразивного инструмента для выполнения отделочных операций / С.И. Дядя, Н.В. Гончар, Д.Н. Степанов

и др. // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - №2, 2010, С.145-148.

23. Жутенко Є.П. Застосування полімерно-абразивних щіток на фінішному етапі виготовлення зубчастих коліс і шліцевих валів / Є.П. Жутенко, І.В. Каліберда, Н.В. Гончар / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали тез доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 14-16 травня 2019 р.): у 2-х т. / Чернігів: ЧНТУ, 2019. - Т. 1. - С. 136-137.

Додаток А.
Специфікація робочого верстатного пристосування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A1			НУЗП294314.006	Складальне креслення		
				Сборочные единицы		
		1		Пневмоциліндр 7020-0155	1	
				Детали		
		2		Корпус	1	
		3		Плита	1	
		4		Шток	1	
		5		Поршень	1	
		6		Кришка	1	
		7		Стакан	1	
		8		Переходник	2	
		9		Втулка	1	
		10		Втулка	2	
		11		Шток	2	
				Стандартные изделия		
		12		Гвинт M10x50 ГОСТ 1491-80	3	
		13		Гвинт M5x30 ГОСТ 11738-84	6	
		14		Гайка M10 ГОСТ11871-88	6	
Изм. / Лист Разраб. / Калиберда Пров. / Гончар Н.контр. / Мухальська Утв. / Дядя № докум. Подп. Дата 23.11.8 30.11 20.12.13 НУЗП 294314.006 Приспосовування для фрезерування пазів Лист Лист Листов 1 2						
НУЗП, гр. МЗ-118м						

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документация		
A1				НУЗП 401523.006	Складальне креслення	1	
					Сборочные единицы		
		1			Корпус лівого центра	1	
		2			Корпус правого центра	1	
		3			Стійка індикатора	1	
		4			Ручка	2	
					Детали		
		5			Основа	1	
		6			Плита	1	
					Стандартные изделия		
		7			Гвинт М10-6d x45.48 ГОСТ 1491-80	2	
		8			Штифт 10x40 ГОСТ 24296-93	4	
Изм. Лист Разраб. Калиберда Проб. Гончар Н.контр. Пухальська Утв. Дядя № докум. 8888 20.11 20.11.2019 Подп. Подп. Подп. Подп. Дата 20.11 20.11.2019 20.11.2019							
НУЗП 401523.006 Приспосовування для контролю біття Копіював						Лист Лист Листов 1	НУЗП, каф. ТМБ МЗ-118м Формат А4