

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Використання автоматизованих систем підготовки виробництва при розробці операцій на багатокоординатних верстатах з ЧПК для підвищення ефективності проектування технологічного процесу.

Студент (ка) Жутенко Катерина Павлівна

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 10

Кількість сторінок пояснювальної записки 117

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

1. Технологічна частина 2. Конструкторська частина 3. Автоматизація дроблення зливної стружки 4. Охорона праці 5. Розрахунок зубчастого колеса на міцність за допомогою модуля NX 6. Спецзавдання - Застосування комп'ютерних пакетів ADEM та NX для автоматизації розробки УП верстатів з ЧПК 7. Оцінка очікуваної економічної ефективності заходу введення слюсарного переходу на верстат з ЧПК

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

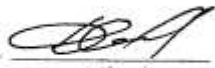
Запропоновано використання САПР, як NX та ADEM для інтенсифікації підготовки виробництва, а також проведено економічний аналіз доцільності виконання слюсарного етапу обробки деталі на верстаті з ЧПК, не знімаючи деталей з верстата

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 Жутенко Катерини Павлівни відповідає вимогам вищої школи.

ж) інші зауваження 1.В розділі- автоматизація дроблення стружки- не проаналізовано можливість зміни структури поверхневого шару деталі після термічного або кріогенного впливу під час оброблення.
2.В міцностному розрахунку з рис.5,3 незрозуміло куди прикладено навантаження.

з) оцінка проекту (роботи) _____
В цілому дипломний проект студентки групи Мз-118м Жутенко Катерини Павлівни заслуговує оцінку «добре»

Рецензію склав _____ старший викладач кафедри ТМБ Степанов Д.М. 
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

« 03 » 2 вересня 2019 р.

[13:32:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:32:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:33:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [3] (200021 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:33:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200021 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:34:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №572 [3] (200031 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:35:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №582 [3] (200018 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:35:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №577 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:35:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №587 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:36:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №592 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:36:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №597 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:36:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №602 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:37:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №607 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:41:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №612 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:41:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №617 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №622 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №627 [3] (200013 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №632 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[13:42:47] Тип проверки: *Стандартная*

[13:42:47] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 24%)**

[13:42:47] **Уникальность текста 83%^с (Проигнорировано подстановок: 0%)**

НН утешко
02.12.2019


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему Використання автоматизованих систем
підготовки виробництва при розробці операцій на
багатокординатних верстатах з ЧПК для підвищення
ефективності проектування технологічного процесу.

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

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

Путенко Н. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Степанов Д. М.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри к.т.н. доц., Додо С.І.
« 03 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Путенко Катерині Гаврилівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Використання автоматизованих систем підготовки виробництва при розробці операцій на багатокординатних верстатах з ЧПК для підвищення ефективності проектування ТП.
керівник проекту (роботи) Гончар Наталія Вікторівна, к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 417

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 02.12.19

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Робоче креслення колеса зубчатого конічного; річна програма випуску N=1000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2. Конструкторська частина; 3. Автоматизація дроблення шийної стружки; 4. Охолодження кращі; 5. Розрахунок зубчатого колеса на міцність за допомогою модуля NX; 6. Співвідношення застосування комп'ютерного пакету ADEM для автоматизації розробки ЧПК для верстатів з ЧПК

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі та заготовки; маршрут виконання деталі; креслення робочого та контрастного приєднання; графічне оформлення: до розрахунку операційної технології в NX та ADEM; до розрахунку на міцність; автоматизація.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
Технол. част.	Гончар Н.В., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 2.09.19	<i>[підпис]</i> 30.11.19
Констр. част.	Гончар Н.В., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 2.09.19	<i>[підпис]</i> 30.11.19
Автом. дроб. стр.	Гончар Н.В., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 2.09.19	<i>[підпис]</i> 30.11.19
Охорона праці	Шширко В.І., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 4.10.19	<i>[підпис]</i> 29.11.19
Розрахунок міцкості	Гончар Н.В., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 2.09.19	<i>[підпис]</i> 30.11.19
Спецабракне	Гончар Н.В., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 2.09.19	<i>[підпис]</i> 30.11.19
Нормоконтроль	Логоніков В.А., к.т.н., доцент		<i>[підпис]</i> 2.12.19

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.09.19	
2	Конструктивна частина	09.10.19	
3	Автоматизація дроблення шийної сірники	23.10.19	
4	Охорона праці	01.11.19	
5	Розрахунок кубічного коєса на міцність ВМХ	13.11.19	
6	Спецабракне. Заст. каліброї. пакету АРЕНДЕ абгач.	27.11.19	

Студент(ка)

[підпис] *[підпис]* *[підпис]* *[підпис]*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

[підпис] *[підпис]*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 122 с., 11 рисунків, 45 таблиць, 2 додатка, 19 бібліографічних посилань.

Об'єкт дослідження – колесо зубчасте конічне центрального приводу авіадвигуна.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

Мета дипломного проекту – проектування технологічного процесу виготовлення конічного зубчастого колеса та підвищення ефективності проектування ТП за допомогою різноманітних САПР.

В дипломному проекті розроблено заходи, в тому числі автоматизовані, спрямовані на зниження витрат і зменшення часу на виробництво та його підготовку на етапі проектування технологічних процесів, запропоновано більш раціональне використання обладнання, верстатів з ЧПУ та різноманітних модулів САПР ТП, а також засоби подрібнення стружки під час обробки.

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

В спецзавданні проекту запропоновано автоматизацію розробки управляючих програм (УП) для багатокоординатних верстатів з ЧПУ за допомогою засобів САПР, зокрема, програм ADEM та NX, виконано порівняння з ручною розробкою УП.

Також запропоновано введення на слюсарному переході (видалення задирок) використання щіткових полімерно-абразивних інструментів; розраховано економічну доцільність цього заходу. Щодо використання цих інструментів для зачистки зубчастої частини колеса опубліковано тези «Застосування полімерно-абразивних щіток на фінішному етапі виготовлення зубчастих коліс і шліцевих валів» із соавторами І.О. Каліберда та Н.В. Гончар в матеріалах доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», яка проводилась в місті Чернігів 14-16 травня 2019 року.

ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСО, ПОКОВКА, ОБЛАДНАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПЕРЕХІД, ТОЧНІСТЬ, ЯКІСТЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір методу отримання заготовки	10
1.4 Вибір баз	15
1.5 Проектування плану обробки	17
1.5.1 Аналіз конструкції зубчастого колеса на технологічність	17
1.5.2 Проектування маршрутів обробки поверхонь	19
1.5.3 Проектування маршруту виготовлення деталі	27
1.5.4 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів	35
1.6 Проектування операційної технології	38
1.6.1 Операція 030 токарна з ЧПУ	38
1.6.2 Операція 070 свердлильна	52
1.6.3 Операція 085 фрезерна	54
1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ з використанням САМ та САЕ-модулів	56
1.7.1 Розробка токарної 065 операції з ЧПУ	57
1.7.2 Розробка свердлильної операції 070	62
1.7.3 Розробка фрезерної операції 085	64
2 Конструкторська частина	66
2.1 Конструювання фрезерного пристосування	66
2.1.1 Конструкція і принцип роботи	66
2.1.2 Розрахунок похибки базування	66
2.1.3 Розрахунок пристосування на точність	67
2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля закріплення заготовки	68
2.1.5 Розрахунок затискного елемента і його параметрів	72
2.1.6 Розрахунок пристосування на міцність	73
2.2 Контрольне пристосування	74
2.2.1 Принцип роботи	74
2.2.2 Обґрунтування вибору засобу вимірювання	74
2.2.3 Розрахунок сумарної похибки вимірювання	77
3 Автоматизація дроблення зливної стружки	79
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	82
5 Розрахунок зубчастого колеса на міцність за допомогою модуля NX	95

6 Спецзавдання. Застосування комп'ютерних пакетів ADEM та NX для автоматизації розробки УП верстатів з ЧПУ	99
6.1 Загальні відомості	99
6.2 ADEM та NX – програми для автоматизації процесу проектної конструкторсько-технологічної підготовки виробництва	100
6.3 Автоматизація робіт з технологічної підготовки виконання токарної операції 030	101
7 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходу введення слюсарного переходу на верстат з ЧПУ.....	107
Висновки	113
Перелік посилань	114
Додаток А. Специфікація до складального креслення фрезерного пристосування	118
Додаток Б. Специфікація до складального креслення контрольного пристосування	119

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВС	Відцентровий суфлер
ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
ГТД	Газотурбінний двигун
ДСТУ	Держстандарт України
ЗВ	Засіб вимірювання
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
КВП	Контрольно-вимірювальні пристрої
КГШП	Кривошипний гаряче-штампувальний прес
ККД	Коефіцієнт корисної дії
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
МЦХ	Масово-центровочна характеристика
ПАІ	Полимерно-абразивний інструмент
ППТЯ	Послідовність показників точності і якості
ПУЕ	Правила улаштування електроустановок
САПР	Система автоматизованого проектування
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
УП	Управляюча програма
ЧПУ	Числове програмне управління

ВСТУП

Прогрес в області авіадвигунобудування значною мірою визначає розвиток сучасної авіації. Удосконалення авіаційних двигунів, в свою чергу, висуває нові вимоги до технології їх виготовлення. Зростання робочих температур і тисків вимагає все більш широкого використання високоміцних сплавів, тенденція скорочення кількості деталей призводить до ускладнення геометричних форм, а зниження питомої маси двигуна обумовлює застосування тонкостінних деталей.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного устаткування, інструменту та оснастки, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Велике техніко-економічне значення раціонального вибору припусків і розрахунку операційних розмірів визначається, перш за все, місцем цього етапу в загальній послідовності завдань, що вирішуються при проектуванні технологічного процесу.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення і технологічних баз, розробка варіанту технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного оснащення.

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

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Колесо зубчасте конічне, спрощений ескіз та технологічна розмітка поверхонь якого показано на рисунку 1.8, входить в центральний привід, який призначено для передачі обертання від ротора до приводу відцентрового суфлера (ВС).

Колесо центрального приводу передає крутний момент через ресору проміжного приводу далі на приводні агрегати.

Тому найбільш навантажені і відповідальні поверхні - внутрішні шліци і зубці шестірні, які безпосередньо беруть участь в передачі крутного моменту. Для підвищення зносостійкості зубців - їх азотують. Ось веденого колеса перпендикулярна ведучому, отже, особливу увагу необхідно приділити значенням биття і відхилень форми опорних поверхонь. В цілому, деталь відноситься до тонкостінних через вимоги мінімізації маси і вимагає сприятливих режимів при механічній обробці. До того ж є три отвори діаметром 20 мм для зменшення маси шестерні без втрати міцності. Лиски служать для контровки, три отвори діаметром 4 мм - для кріплення. В зв'язку з тим, що деталь відповідальна і високонавантажена, особливо обумовлені вимоги з видалення задирок і зачистки гострих крайок на бічних поверхнях шестерні.

Матеріал для даної деталі – сталь марки 30X2H2ВФМА-Ш. Дана сталь після загартування має високі механічні властивості. Також даний матеріал є жароміцним. Його використання доцільне, тому що деталь працює в умовах високих знакозмінних навантажень. До того ж застосування даної сталі обумовлено тим, що деталь є тонкостінною, має елементи передачі крутного моменту – зубці шестерні і елементи шліцьового з'єднання.

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

Таблиця 1.1 – Склад сталі 30X2H2ВФМА-Ш

Хімічний елемент	Fe	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo	Cu	S	P
Склад, %	основа	0,26-0,33	0,3-0,6	0,17-0,37	1,6-2	1,4-1,8	1-1,4	0,18-0,28	0,25-0,35	0,25	0,025	0,025

Дана сталь має наступні фізико-механічні властивості:

- густина $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;
- модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;
- коефіцієнт Пуассона $\eta = 0,29$;
- межа короткочасної міцності $\sigma_s = 1076 \dots 1092 \text{ МПа}$;
- межа текучості $\sigma_T = 910 \dots 965 \text{ МПа}$;
- відносне видовження при розриві $\delta = 14,7 \dots 15\%$;
- відносне звуження $\psi = 57 \dots 59,9\%$;
- ударна в'язкість $a_H = 0,93 \dots 1,1 \text{ МДж/м}^2$;
- твердість за Бринеллем $200 \dots 220 \text{ МПа}$.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від масштабу виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу, всі різноманітні виробництва умовно діляться на три основних види: одиничне, серійне і масове. У кожного з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На підставі [1, с.4] за масою $q = 2 \text{ кг}$ і річній програмі випуску деталі $N = 1000$ шт попередньо визначаємо тип виробництва - серійне.

Форму організації для такого виробництва раціонально вибрати змінно-потокową. Устаткування розташовується в порядку виконання технологічного процесу (ТП); деталі передаються партіями, обробка потокова, що не вимагає синхронізації часу, як при потоковій формі організації.

1.3 Вибір методу отримання заготовки

Виходячи з геометрії деталі, її призначення, матеріалу (він відноситься до деформуємих) і річної програми випуску вибираємо такі методи отримання заготовки:

- штампування на кривошипному гаряче-штампувальному пресі (КГШП);
- штампування на горизонтально-кувальній машині (ГКМ).

Необхідно зробити економічне обґрунтування пропонуємих варіантів отримання заготовки та вибрати раціональний.

Для вирішення поставленого завдання використовують наступні критерії економічної доцільності: коефіцієнт використання матеріалу і вартість заготовки.

Вартість однієї заготовки розраховується за такою формулою:

$$B = \frac{B_6}{1000} \times Q \times K_T \times K_M \times K_B \times K_3 \times K_{II} - (Q - q) \times \frac{B_{omx}}{1000}, \text{ грн} \quad (1.1)$$

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, дорівнює 2 кг;

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

B_{omx} – вартість 1 т стружки, яка визначається за [2, табл. 1.5, с. 13].

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки визначається за формулою:

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

Для визначення даних показників економічної доцільності необхідно визначити масу заготовок для кожного способу виготовлення. З цією метою було використано програмне забезпечення «Компас 3D» з можливістю креслення, створення тривимірних моделей і розрахунку масово-центровочних характеристик (МЦХ) деталей.

При побудові заготовки використовується [2, табл.1.3, с. 12] для штамповок, для призначення припусків на сторону.

На рис. 1.1 і 1.2 зображено ескізи заготовок відповідно для штампування на КГШП і ГKM, відповідно.

Нижче представлено розрахунки показників економічної доцільності для кожного з двох варіантів вибору заготовки, при цьому для кожного виду заготовки на рис. 1.3 і 1.4 наводяться результати визначення її маси – масово-центровочні характеристики. Незважаючи на те, що у заготовки на ГKM великі припуски, в порівнянні з КГШП, але у неї відсутні деякі ухили, а відповідно напуски, що дає хорошу економію матеріалу. Тому маса заготовки, отриманої на ГKM, менше заготовки-штамповки на КГШП.

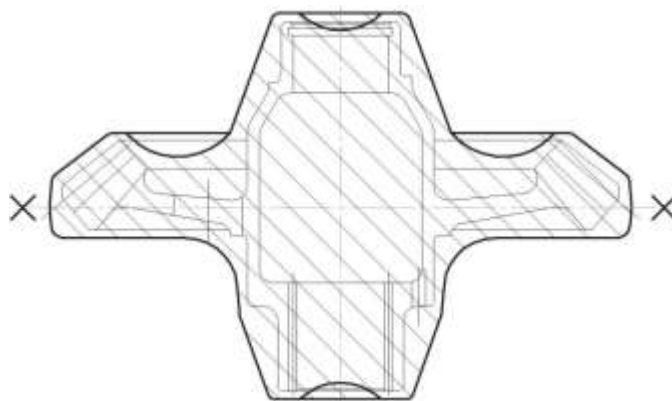


Рисунок 1.1 – Ескіз заготовки – штамповки на КГШП

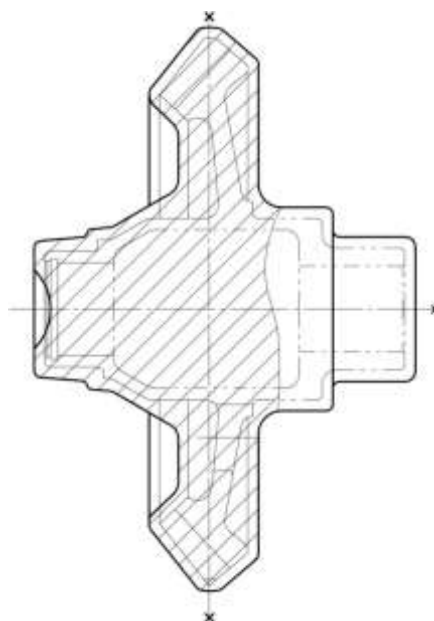


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки – штамповки на ГКМ

Штамповка на КГШП.

Информация	
Файл Редактор	
Дата	12.03.2013
Документ	
МЦХ	
Деталь	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 30Х2МФА ГОСТ 14-1-228-88
Плотность материала	$\rho = 7850.000000 \text{ кг/м}^3$
Расчетные параметры	
Масса	$M = 6.932374 \text{ кг}$
Площадь	$S = 0.070910 \text{ м}^2$
Объем	$V = 0.000883 \text{ м}^3$
Центр масс	$X_c = 0.000000 \text{ м}$
	$Y_c = -0.037400 \text{ м}$
	$Z_c = 0.000000 \text{ м}$

Рисунок 1.3 – МЦХ заготовки-штамповки на КГШП

Для штамповки на КГШП приймаємо базову вартість 1т заготовок $B_{\delta} = 25000 \text{ грн}$, вартість 1т стружки приймаємо $B_{отх} = 2000 \text{ грн}$, значення коефіцієнтів $K_T = 1,0$; $K_M = 1,8$; $K_B = 0,9$; $K_3 = 0,89$; $K_{\Pi} = 1$ [2, стор. 18]. Маса заготовки $Q_{КГШП} = 6,93 \text{ кг}$. Таким чином, за формулами (1.1) и (1.2):

$$B_{КГШП} = \frac{25000}{1000} \times 6,93 \times 1,0 \times 1,8 \times 0,9 \times 0,89 \times 1,0 - (6,93 - 2) \times \frac{2000}{1000} = 239,93 \text{ грн};$$

$$\eta_{КГШП} = \frac{2}{6,93} = 0,28.$$

Штамповка на ГKM.

Для штамповки на ГKM приймаємо базову вартість 1т заготовок $B_{\delta} = 28000 \text{ грн}$, вартість 1т стружки приймаємо $B_{отх} = 2000 \text{ грн}$, значення коефіцієнтів $K_T = 1,0$; $K_M = 1,8$; $K_B = 0,9$; $K_3 = 0,89$; $K_{\Pi} = 1$ [2, стор. 18]. Маса заготовки $Q_{штамп.ГKM} = 6,52 \text{ кг}$ (рис. 1.4).

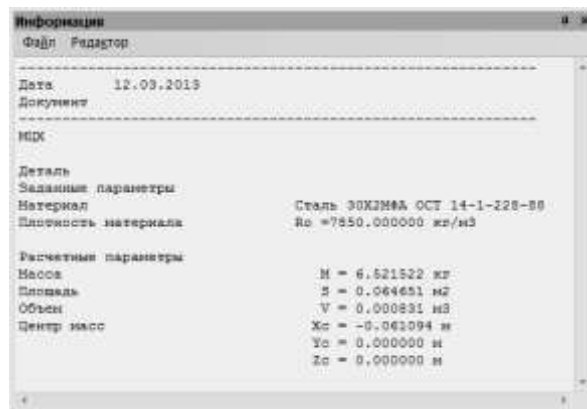


Рисунок 1.4 – МЦХ заготовки – штамповки на ГKM

Таким чином:

- вартість за формулою (1.1):

$$B_{ГKM} = \frac{28000}{1000} \times 6,52 \times 1,0 \times 1,8 \times 0,9 \times 0,89 \times 1,0 - (6,52 - 2) \times \frac{2000}{1000} = 254,18 \text{ грн};$$

- коефіцієнт використання заготовки за формулою (1.2):

$$\eta_{ГKM} = \frac{2}{6,52} = 0,31.$$

Отримані результати зводимо в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Результати розрахунку економічних показників заготовок

Показник	Позначення	Од. вим.	Варіанти заготовок	
			КГШП	ГКМ
Припуск на сторону	Z	мм	2,8	3,2
Маса заготовки	Q	кг	6,93	6,52
Базова вартість 1т заготовок	B_{ϕ}	грн.	25000	28000
Коефіцієнти	K_T	-	1	1
	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.	239,93	254,18
Коефіцієнт використання заготовки	η	-	0,28	0,31

Отримані дані показують, що, незважаючи на те, що штампування на КГШП має меншу вартість, і неї – менший коефіцієнт використання заготовки. Тому, для остаточного прийняття рішення про вибір варіанту заготовки необхідно порівняти такі показники:

а) додаткові витрати за вартістю виготовлення заготовок для другого методу:

$$D_{3.ГКМ} = (B_2 - B_1) \cdot N = (B_{ГКМ} - B_{КГШП}) \cdot N = (254,18 - 239,93) \cdot 1000 = 14250 \text{ грн} \quad (1.3)$$

де N – річна програма випуску деталей;

B_1, B_2 – вартості розглянутих варіантів способів отримання заготовок (табл. 1.2).

б) додаткові витрати на матеріал за першим варіантом:

$$D_{3.КГШП} = \frac{B_{\phi 1}}{1000} \times M_1 \times K_T \times K_M \times K_B \times K_3 \times K_{II}, \text{ грн} \quad (1.4)$$

де $B_{\phi 1}$ – базова вартість 1 т заготовки для першого варіанту способу виготовлення, грн;

M_1 – витрати матеріалу, кг, розраховуються за такою формулою:

$$M_1 = \frac{q \times (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \times \eta_2} \times N \quad (1.5)$$

де η_1, η_2 – коефіцієнти використання заготовки двох розглянутих варіантів

(табл. 1.2).

В результаті отримуємо:

$$M_1 = \frac{2 \times (0,31 - 0,28)}{0,28 \times 0,31} \times 1000 = 691,24 \text{ кг}$$

$$D_{з.кгшп} = \frac{25000}{1000} \times 691,24 \times 1 \times 1,8 \times 0,9 \times 0,89 \times 1 = 24915,9 \text{ грн}$$

Таким чином, остаточним варіантом отримання заготовки вибираємо штамповку на ГKM, тому що додаткові витрати цього методу менше, ніж при штампуванні на КГШП.

Річний економічний ефект від застосування методу - отримання заготовки штампуванням на ГKM:

$$E_p = D_{з.кгшп} - D_{з.гкм} = 24915,9 - 14250 = 10665,9 \text{ грн} \quad (1.6)$$

1.4 Вибір баз

Для вибору баз і подальшого розрахунку маршруту обробки поверхонь приводиться ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь (рис. 1.8).

Основними базовими поверхнями є поверхні 4 і 5, оскільки щодо цих баз здійснюється операція нарізування зубів. Також ці бази використовуються для чорнової і чистової токарної обробки (рис. 1.6, 1.7), свердління отворів, фрезерування пазів та зубошліфування.

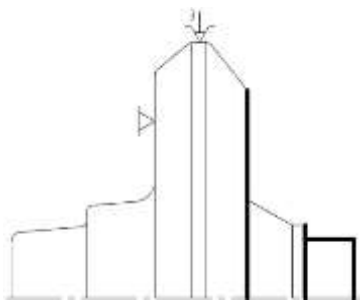


Рисунок 1.6 - Чорнові бази

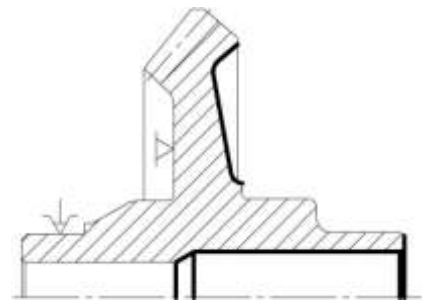


Рисунок 1.7 - Чистові бази

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

- чорнова і чистова токарна обробка: 4, 5, 10, 11, 16;
- нарізування зубів: 4, 5;

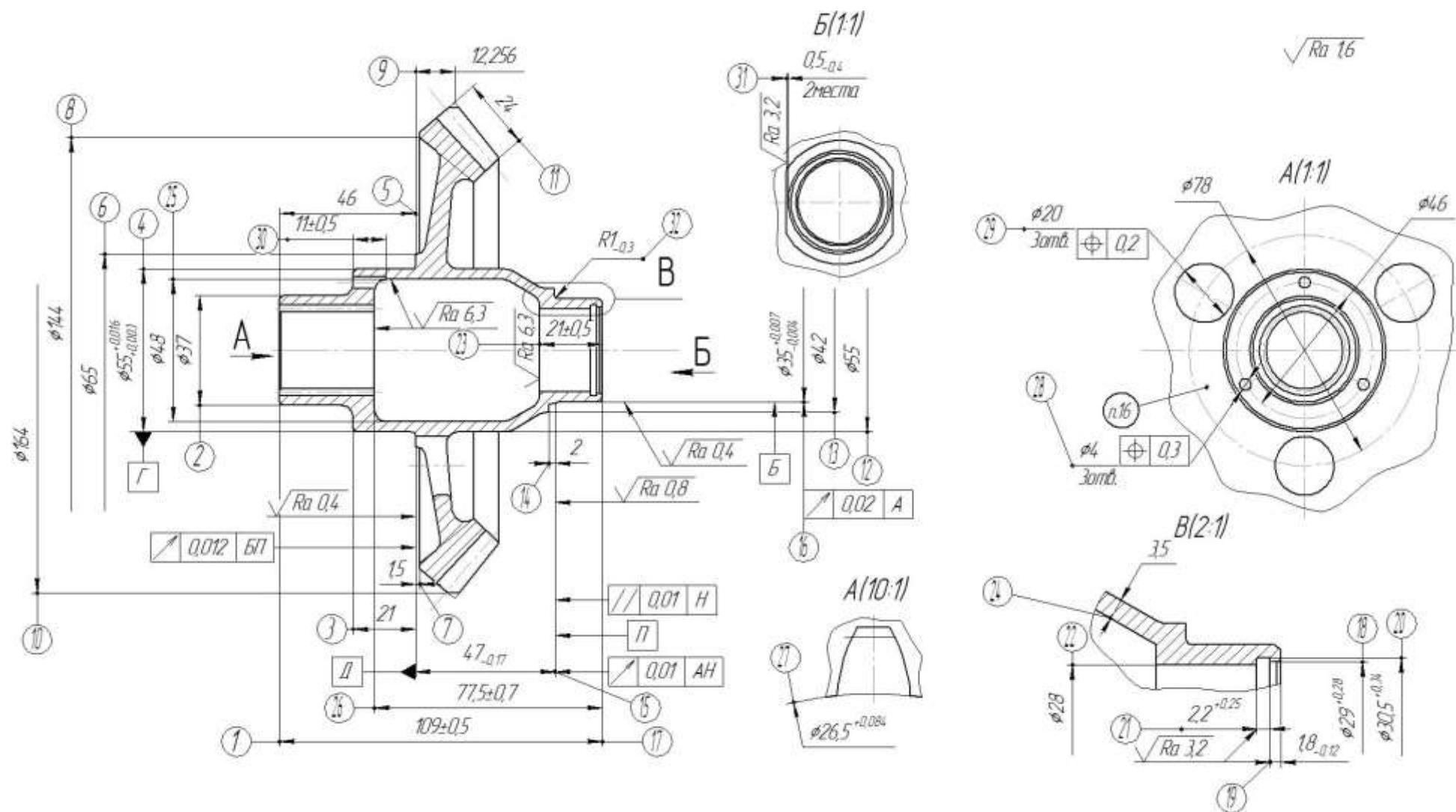


Рисунок 1.8 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

- свердління отворів: 4, 5, 15, 16;
- фрезерування пазів: 4, 7;
- зубодовбання: 14, 16;
- шліфування: 18 (деталь закріплюється в центрових оправках);
- зубошліфування: 4, 5.

1.5 Проектування плану обробки

1.5.1 Аналіз конструкції зубчастого колеса на технологічність

Технологічність конструкції деталі або виробу – це сукупність властивостей, які проявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу при підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонту в порівнянні з відповідними показниками однотипових конструкцій виробів того ж призначення.

Встановлено значення показників якості та прийнято умови виготовлення, експлуатація і ремонт за ГОСТ 18831-73. Більш технологічною 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:

1) за [3, с. 272] на підставі групи матеріалу деталі визначаємо коефіцієнт оброблюваності різанням, який вказує на хорошу оброблюваність;

2) ступінь складності отримання заготовки для даної деталі - складна, тому що деталь являє собою конічну шестерню з великим перепадом діаметрів та наявністю великого числа виступів, пазів, ступенів;

3) поверхні деталі, як діаметральні, так і торцеві, в основному, є простими, 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 і сталості баз;

5) дана деталь є 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 не потребує застосування спеціального допоміжного ріжучого інструменту, можна обмежитись стандартним інструментом;

8) при здійсненні механічної обробки ріжучий 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, і для штампування на ГKM він дорівнює $\eta = 0,31$. Даний коефіцієнт менше припустимого значення $\eta < 0,8$, що свідчить про нетехнологічність даної деталі;

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

$$K_{v\bar{z}} = \frac{Q_{v\bar{z}}}{Q_{\bar{z}}} = \frac{23}{32} = 0,71 \quad (1.8)$$

де $Q_{v\bar{z}} = 23$ – кількість уніфікованих елементів;

$Q_{\bar{z}} = 32$ – загальна кількість конструктивних елементів деталі.

Оскільки $K_{v\bar{z}} = 0,71 > 0,6$ робимо висновок про технологічність конструкції деталі за даним показником;

3) коефіцієнт точності обробки - визначається за формулою:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (1.9)$$

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

$$A_{cp} = \frac{\left(\begin{array}{l} 3 \cdot 14 + 5 + 10 \cdot 14 + 11 + 5 + 14 + 13 + 12 + 13 + 2 \cdot 14 + \\ + 15 + 2 \cdot 14 + 15 + 10 + 2 \cdot 14 + 16 + 15 + 14 \end{array} \right)}{32} = 13,25 \quad (1.10)$$

В результаті отримуємо:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{13,25} = 0,92$$

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

4) коефіцієнт шорсткості, визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} \quad (1.11)$$

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

$$B_{CP} = \frac{\left(\begin{array}{l} 4 \cdot 1,6 + 0,4 + 9 \cdot 1,6 + 0,8 + 0,4 + 2 \cdot 1,6 + 3,2 + \\ 1,6 + 3,2 + 1,6 + 4 \cdot 6,3 + 4 \cdot 1,6 + 2 \cdot 3,2 \end{array} \right)}{32} = 2,29 \quad (1.12)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} = \frac{1}{2,29} = 0,44$$

На підставі того, що $K_{ш} = 0,44 > 0,32$ робимо висновок про нетехнологічність деталі за даним показником.

Таким чином, на підставі аналізу якісних і кількісних показників, 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 зубці, шліци, виступи, внутрішню канавку і тощо. Отже при розробці маршруту обробки заготовки слід застосовувати верстати з ЧПУ, які дозволять з мінімальними витратами часу сформулювати 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 ТП механічної обробки, так як саме в МОП, в

технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні та тощо процеси впливу на поверхню заготовки.

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 та заготовки на підставі:

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

При цьому слід звернути увагу на те, що обраний метод отримання заготовки – штампування нормальної точності на ГKM забезпечує 17-й квалітет точності розмірів, дозволяє отримати шорсткість поверхні $Ra\ 50$.

При проектуванні МОП (табл. 1.3) зручно використовувати поняття уточнення, так як воно дозволяє по 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.

Таблиця 1.3 – Показники точності та якості поверхонь деталі

№ поверхні і її основні геометричні розміри	Характер поверхні		Показники точності та якості поверхні							
	Вид	Тип	Квалітет 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. $109 \pm 0,5$	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,3	1,05	1,6	50	365	210
2. $\phi 37 (0,62)$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,18	0,75	1,6	50	365	210
3. $21 (0,52)$	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,16	0,63	1,6	50	365	210
4. $\phi 55^{+0,016}_{+0,003}$	Зовнішня	Циліндр.	IT5	IT17	0,01	0,9	1,6	50	365	210
5. 46	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,012	0,75	0,4	50	365	210
6. $\phi 65 (0,74)$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,22	0,9	1,6	50	365	210
7. $1,5 (0,25)$	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,08	0,3	1,6	50	365	210
8. $\phi 144 (1)$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,3	1,2	1,6	50	365	210
10. $\phi 164 (1)$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,3	1,2	1,6	50	365	210
11. $24 (0,52)$	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,16	0,63	1,6	50	365	210
12. $\phi 55 (0,74)$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,22	0,9	1,6	50	365	210

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13. $\phi 42(0,62)$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,18	0,75	1,6	50	365	210
14. 2 (0,25)	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,08	0,3	1,6	50	365	210
15. $47_{-0,17}^{+0,007}$	Зовнішня	Торцева	IT11	IT17	0,01	0,75	0,8	50	365	210
16. $\phi 35_{-0,004}^{+0,007}$	Зовнішня	Циліндр.	IT5	IT17	0,02	0,75	0,4	50	365	210
17. $109 \pm 0,5$	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,3	1,05	1,6	50	365	210
18. $\phi 29_{-0,004}^{+0,007}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,08	0,63	1,6	50	365	210
20. $\phi 30,5_{-0,004}^{+0,007}$	Внутрішня	Циліндр.	IT13	IT17	0,1	0,75	1,6	50	365	210
21. $2,2_{-0,004}^{+0,007}$	Внутрішня	Торцева	IT14	IT17	0,08	0,3	3,2	50	365	210
22. $\phi 28(0,52)$	Внутрішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,16	0,63	1,6	50	365	210
23. $21 \pm 0,5$	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,3	0,63	6,3	50	365	210
24. 3,5 (0,3)	Зовнішня	Торцева	IT14	IT17	0,09	0,36	6,3	50	365	210
25. $\phi 48(0,62)$	Внутрішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,19	0,75	6,3	50	365	210
26. $77,5 \pm 0,7$	Внутрішня	Торцева	IT15	IT17	0,42	0,9	6,3	50	365	210
27. $\phi 26,5_{-0,004}^{+0,007}$	Внутрішня	Циліндр.	IT10	IT17	0,02	0,63	1,6	50	365	210
28. $\phi 4(0,3)$	Внутрішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,3	0,36	6,3	50	365	210
29. $\phi 20(0,52)$	Внутрішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,2	0,63	6,3	50	365	210
30. $11 \pm 0,5$	Внутрішня	Торцева	IT16	IT17	0,3	0,54	1,6	50	365	210
31. $0,5_{-0,4}^{+0,007}$	Зовнішня	Торцева	IT15	IT17	0,12	0,3	3,2	50	365	210
32. $R1_{-0,3}^{+0,007}$	Зовнішня	Циліндр.	IT14	IT17	0,09	0,3	3,2	50	365	210

Розробимо маршрут обробки для поверхні 4 $\phi 55_{-0,003}^{+0,016}$.

Розраховуємо загальне уточнення за наступними показниками точності та якості поверхні, відповідно, уточнення допуску на розмір за формулою (1.13); уточнення допуску форми (1.14) і уточнення шорсткості за формулою (1.15):

$$\varepsilon_{d0} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_{\uparrow 0} = \frac{\uparrow_{заг}}{\uparrow_{дет}} \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} \quad (1.15)$$

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 формулою (1.16):

$$K_{расч} = 2 \lg \varepsilon \quad (1.16)$$

де ε – максимальне уточнення з розрахованих уточнень за показниками точності і якості поверхні.

$$\varepsilon_{d0} = \frac{3}{0,019} = 157,8; \quad \varepsilon_{\uparrow 0} = \frac{0,9}{0,01} = 90; \quad \varepsilon_{Ra0} = \frac{50}{1,6} = 31,25$$

$$K_{расч} = 2 \lg 157,8 = 4,3$$

Приймаємо кількість переходів $K = 4$.

За отриманими результатами складаємо технологічну послідовність показників точності і 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 і якості поверхні, а потім цю різницю розподіляємо між прийнятою кількістю переходів механічної обробки за законом прогресивного спадання для кожної поверхні:

$$\Delta_{кв} = IT17 - IT5 = 12$$

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

$$IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow T/O \Rightarrow h7 \Rightarrow IT5$$

Готуємо таблицю МОП (табл. 1.4). За отриманими результатами розрахунків складаємо маршрут обробки поверхні у вигляді послідовності переходів механічної обробки.

За [6, стор. 18] відповідно до розробленої ППТЯ призначаємо методи механічної обробки:

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

За [4, с.7, с.192], [6, с.18] призначаємо допуски за переходами відповідно до ППТЯ, 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 формулами:

$$\varepsilon_{di} = \frac{Td_{i-1}}{Td_i} \quad (1.17)$$

$$\varepsilon_{\uparrow i} = \frac{\uparrow_{i-1}}{\uparrow_i} \quad (1.18)$$

$$\varepsilon_{Rzi} = \frac{Ra_{i-1}}{Ra_i} \quad (1.19)$$

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 все уточнення за переходами, результат заносимо в табл. 1.4. Після чого порівнюємо значення загального уточнення з отриманими добутками уточнень.

Розробимо маршрут обробки для поверхні $16 \varnothing 35^{+0,007}_{-0,004}$.

Розраховуємо загальне уточнення за наступними показниками точності і якості поверхні, відповідно, уточнення допуску на розмір за формулою (1.13); уточнення допуску форми (1.14) та уточнення по шорсткості за формулою (1.15); кількість переходів - за формулою (1.16):

$$\varepsilon_{d0} = \frac{1,8}{0,011} = 163,6; \quad \varepsilon_{\uparrow 0} = \frac{0,75}{0,02} = 37,5; \quad \varepsilon_{Ra0} = \frac{50}{0,4} = 125$$

$$K_{расч} = 2 \lg 163,6 = 4,4$$

Приймаємо кількість переходів $K = 4$.

За отриманими результатами складаємо ППТЯ:

$$\Delta_{KB} = IT17 - IT5 = 12 = 4 + 3 + 3 + 2$$

$$IT17 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow T/O \Rightarrow h7 \Rightarrow IT5$$

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

За [6, стор. 18] відповідно до розробленої ППТЯ призначаємо методи механічної обробки:

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

За [4, с.7, с.192], [6, с.18] призначаємо допуски за переходами відповідно до ППТЯ, заносимо в табл. 1.4. За призначеними допусками на розмір, форму і шорсткість, розраховуємо уточнення за переходами. Після підрахунку всіх уточнень, для кожного виду допуску перемножуємо все уточнення за переходами, результат заносимо в табл. 1.4. Після чого порівнюємо значення загального уточнення з отриманими добутками уточнень.

Оскільки загальне уточнення дорівнює добутку всіх уточнень за переходами для даної поверхні, робимо висновок про правильність виконаних розрахунків.

Отримані результати заносимо в табл. 1.4.

Розробимо маршрут обробки для внутрішньої циліндричної поверхні $18 \varnothing 29^{+0,28}$.

Розраховуємо загальне уточнення допуску на розмір за формулою (1.13); уточнення допуску форми (1.14) та уточнення по шорсткості за формулою (1.15); кількість переходів - за формулою (1.16):

$$\varepsilon_{d0} = \frac{2,1}{0,28} = 7,5; \quad \varepsilon_{\uparrow 0} = \frac{0,63}{0,08} = 7,87; \quad \varepsilon_{Ra0} = \frac{50}{1,6} = 31,25$$

$$K_{расч} = 2 \lg 31,25 = 2,79$$

Приймаємо кількість переходів $K = 2$, тому що отримуємо 13 квалітет чорновим точінням, а якість поверхні - додатковим шліфуванням або поліруванням.

За отриманими результатами складаємо ППТЯ:

$$\Delta_{кг} = IT17 - IT13 = 4 = 3 + 1$$

$$IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h13 \Rightarrow T / O$$

$$\Delta_{кач} = \nabla 7 - \nabla 1 = 6 = 4 + 2$$

$$Ra50 \Rightarrow Ra6,3 \Rightarrow Ra1,6 \Rightarrow T / O$$

За [6, стор. 18] відповідно до розробленої ППТЯ призначаємо та коригуємо методи механічної обробки.

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Пов. №28 Внутрішня. Циліндрична. $\phi 4H14^{(+0,3)}$	Допуск форми $\uparrow 0,3$ Шорсткість $Ra\ 6,3$ Клас якості $\nabla 7$ Твердість HB 365	D	4	1,8	1	$Ra50 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3$	1	Заготівельна.	1,2	0,36	50	-	-	-
							2	Свердлення	0,3	0,3	6,3	4	1,2	7,94
							3	Терм. обр.	0,3	0,3	6,3	1	1	1
Пов. №29 Внутрішня. Циліндрична. $\phi 20H14^{(+0,52)}$	Допуск форми $\uparrow 0,2$ Шорсткість $Ra\ 6,3$ Клас якості $\nabla 7$ Твердість HB 365	D	4,04	1,8	1	$Ra50 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3$	1	Заготівельна.	2,1	0,63	50	-	-	-
							2	Свердлення	0,52	0,2	6,3	4,04	3,15	7,94
							3	Терм. обр.	0,52	0,2	6,3	1	1	1
Пов. №30 Внутрішня. Торцева. $11Js16(\pm 0,5)$	Допуск форми $\uparrow 0,3$ Шорсткість $Ra\ 1,6$ Клас якості $\nabla 7$ Твердість HB 365	D	1,8	2,99	2	$Ra50 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3$ $\Rightarrow Ra1,6$	1	Заготівельна.	1,8	0,54	50	-	-	-
							2	Свердлення	1	0,3	1,6	1,8	1,8	31,25
							3	Терм. обр.	1	0,3	1,6	1	1	1
Пов. №31 Зовнішня. Торцева. $0,5h15_{(-0,4)}$	Допуск форми $\uparrow 0,12$ Шорсткість $Ra\ 3,2$ Клас якості $\nabla 6$ Твердість HB 365	D	4,5	2,39	2	$Ra50 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3$ $\Rightarrow Ra3,2$	1	Заготівельна.	1,8	0,3	50	-	-	-
							2	Фрезерування	0,4	0,12	3,2	4,5	2,5	15,63
							3	Терм. обр.	0,4	0,12	3,2	1	1	
Пов. №32 Зовнішня. Циліндрична. $R1h14_{(-0,3)}$	Допуск форми $\uparrow 0,09$ Шорсткість $Ra\ 3,2$ Клас якості $\nabla 6$ Твердість HB 365	D	3,33	2,39	2	$Ra50 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3$ $\Rightarrow Ra3,2$	1	Заготівельна.	1	0,3	50	-	-	-
							2	Токарн. чорн.	0,3	0,1	6,3	3,33	3	7,94
							3	Токарн. чист.	0,3	0,09	3,2	1	1,11	1,97
Пов. №33 Зовнішня. Циліндрична. $R1h14_{(-0,3)}$	Допуск форми $\uparrow 0,09$ Шорсткість $Ra\ 3,2$ Клас якості $\nabla 6$ Твердість HB 365	D	3,33	2,39	2	$Ra50 \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra6,3$ $\Rightarrow Ra3,2$	4	Терм. обр.	0,3	0,09	3,2	1	1	1
												3,33	3,33	15,63

Даного отвору в заготовці не передбачено:

- 1) свердління;
- 2) чистове розточування;
- 3) термообробка.

За [4, с.7, с.192], [6, с.18] призначаємо допуски за переходами відповідно до ППТЯ, заносимо в табл. 1.4. За призначеними допусками на розмір, форму і шорсткість, розраховуємо уточнення за переходами. Після чого порівнюємо значення загального уточнення з отриманими добутками уточнень.

Оскільки загальне уточнення дорівнює добутку всіх уточнень за переходами для даної поверхні, робимо висновок про правильність виконаних розрахунків.

1.5.3 Проектування маршруту виготовлення деталі

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

Вивчивши креслення деталі і технічні умови, а також прийнявши за основу раніше розроблені МОП на всі поверхні, складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі. Дана схема складається з наступних елементів:

- отримання заготовки - штампування на ГKM;
- термічна обробка - нормалізація;
- механічна чорнова і чистова обробка;
- термообробка - гарт, відпуск;
- шліфування - попереднє і остаточне;
- мийна;
- контроль

Відповідно до даної етапної схеми з урахуванням раніше розроблених МОП основних поверхонь шляхом компоновання складаємо маршрут виготовлення деталей у вигляді плаката, представленого в графічній частині.

Подальші етапи розрахунку показані на прикладі наступних операцій:

- оп. 030 - токарна з ЧПУ;
- оп. 070 - свердлильна;
- оп. 085 – фрезерна.

Призначаємо наступні технологічні бази:

- для токарної операції 030 з ЧПУ - поверхні 4, 5, 10, 11;
- для свердлильної операції 070 - поверхні 15, 16;
- для фрезерної операції 085 - поверхні 4, 7.

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

За [9, стор. 70] і [7, стор. 111] призначається ріжучий інструмент, необхідний для здійснення механічної обробки даної деталі (табл. 1.6).

Таблиця 1.5 - Модельний ряд верстатів

Операція	Тип та модель верстату
Токарна з ЧПУ 030	Токарний н/а АТПр-2М12СН
Свердлильна 070	Вертикально-фрезерний 2М112
Фрезерна 085	Горизонтально-фрезерний 6Р80

Таблиця 1.6 - Ріжучий інструмент. Технічні характеристики

Вид обробки	Найменування	Матеріал ріжуч. частини	Геометрія	ГОСТ	Кіль-ть
Токарна з ЧПУ 030	Різець прохідний зі змінними багатограними пластинами	T15K6	$\gamma = 10^\circ; \alpha = 10^\circ; f = 0,2;$ $r = 0,8 \varphi = 93^\circ$	26476-85	1
	Різець розточний зі змінними багатограними пластинами	T15K6	$\gamma = 10^\circ; \alpha = 10^\circ; f = 0,2;$ $r = 0,8 \varphi = 93^\circ$	26476-85	1
	Свердло	P18	$\alpha = 10^\circ; \omega = 25^\circ; 2\varphi = 118^\circ;$ $f = 0,2$	10903-77	1
	Різець підрізний	T15K6	$\gamma = 10^\circ; \alpha = 10^\circ; f = 0,2;$ $r = 0,8 \varphi = 45^\circ$	18880-73	1
Свердлильна 070	Свердло	P18	$\alpha = 10^\circ; \omega = 25^\circ; 2\varphi = 118^\circ;$ $f = 0,2$	10903-77	1
Фрезерна 085	Дискова фреза	P18	$\gamma = -5^\circ; \alpha = 20^\circ; \alpha_1 = 4^\circ;$ $\varphi_1 = 4^\circ; \lambda = 0^\circ;$ $z = 22; D = 125,mm$	2679-93	2

1.5.4 Розрахунок міжопераційних припусків та технологічних розмірів

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

Призначення припусків здійснюється як аналітичним, так і табличним методами. За призначенням припуском розраховуємо виконавчі розміри деталі по переходах механічної обробки, відповідно до раніше розробленими МОП.

Розраховуємо припуски і технологічні розміри для поверхні $4\varnothing 55IT5^{(+0,016)}_{(+0,003)}$. Готуємо розрахункову таблицю 1.7.

При призначенні припусків аналітичним методом, розраховуються такі його елементи:

1) шорсткість Rz , визначається для кожного переходу механічної обробки і призначається по [4, стор. 186];

2) висота дефектного шару металу h , визначається для кожного переходу по [4, стор. 186 ... 187];

3) просторові відхилення заготовки ρ , визначаються за такою формулою:

$$\rho = \Delta_n \cdot l, \text{мкм} \quad (1.20)$$

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

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

Просторові відхилення заготовки на проміжних етапах обробки визначаються за формулою:

$$\rho_i = K_y \cdot \rho_1, \text{мкм} \quad (1.21)$$

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

ρ_1 – просторове відхилення заготовки.

Похибка установки заготовки:

$$\varepsilon_y = 0,25\sqrt{Td^2 + 1}, \text{мкм} \quad (1.22)$$

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

Похибка установки за переходами механічної обробки визначається аналогічно просторовим відхиленням за формулою (1.20).

Таким чином, для поверхні 4 призначаємо такі елементи припуску:

- заготовка:

$$Rz 250 \text{мкм}; h = 250 \text{мкм}; \rho = \Delta_n \cdot l = 3 \cdot 21 = 63 \text{мкм}; \varepsilon_y = 0,25 \cdot \sqrt{3000^2 + 1} = 750 \text{мкм};$$

- при чорновому точінні:

$$Rz 50 \text{мкм}; h = 50 \text{мкм}; \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 63 = 4,78 \text{мкм}; \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,06 \cdot 750 = 45 \text{мкм};$$

- при чистовому точінні:

$$Rz 20 \text{мкм}; h = 20 \text{мкм}; \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,04 \cdot 63 = 2,52 \text{мкм}; \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,04 \cdot 750 = 30 \text{мкм};$$

- при шліфуванні:

$$Rz 10 \text{мкм}; h = 15 \text{мкм}; \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,03 \cdot 63 = 1,9 \text{мкм}; \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,03 \cdot 750 = 22,5 \text{мкм};$$

- при тонкому шліфуванні:

$$Rz 3,2 \text{мкм}; h = 5 \text{мкм}; \rho = K_y \cdot \rho_1 = 0,02 \cdot 63 = 1,26 \text{мкм}; \varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon_{y1} = 0,02 \cdot 750 = 15 \text{мкм}$$

Отримані результати заносимо в табл. 1.7.

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

$$2Z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \text{ мкм} \quad (1.23)$$

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

В результаті отримуємо такі значення мінімального припуску за переходами:

$$\begin{aligned} 2Z_6^{\min} &= 2 \left(Rz_5 + h_5 + \sqrt{\rho_5^2 + \varepsilon_6^2} \right) = 2 \left(10 + 15 + \sqrt{1,9^2 + 15^2} \right) = 80 \text{ мкм}; \\ 2Z_5^{\min} &= 2 \left(20 + 20 + \sqrt{2,52^2 + 22,5^2} \right) = 120 \text{ мкм}; \\ 2Z_3^{\min} &= 2 \left(50 + 50 + \sqrt{4,78^2 + 30^2} \right) = 260 \text{ мкм}; \\ 2Z_2^{\min} &= 2 \left(250 + 250 + \sqrt{63^2 + 45^2} \right) = 1150 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Розраховуємо виконавчі розміри заготовки за переходами в наступній послідовності:

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

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2Z_{i+1}^{\min}, \text{ мм} \quad (1.24)$$

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

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

Мінімальний діаметр деталі розраховуємо за формулою:

$$d_6^{\min} = d_6^{\text{ном}} + eid_6 = 55 + 0,003 = 55,003 \text{ мм} \quad (1.25)$$

де $d_6^{\text{ном}} = 55 \text{ мм}$ – номінальний діаметр поверхні №4, вказаний на кресленні;

$eid_6 = 0,003 \text{ мм}$ – граничне нижнє відхилення розміру.

Таким чином, отримуємо такі значення мінімальних діаметрів за переходами:

$$\begin{aligned} d_5^{\min} &= d_6^{\min} + 2Z_6^{\min} = 55,003 + 0,080 = 55,083 \text{ мм} \\ d_3^{\min} &= 55,083 + 0,12 = 55,203 \text{ мм} \\ d_2^{\min} &= 55,203 + 0,26 = 55,463 \text{ мм} \\ d_1^{\min} &= 55,463 + 1,15 = 56,613 \text{ мм} \end{aligned}$$

2) Визначення граничних розмірів заготовки за переходами здійснюється

за формулою:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i, \text{ мм} \quad (1.26)$$

де Td_i – величина допуску на розмір за переходами механічної обробки, призначається за [4, стор. 192].

Отримуємо наступні граничні розміри заготовки за переходами:

$$d_6^{\max} = d_6^{\min} + Td_6 = 55,003 + 0,013 = 55,016 \text{ мм}$$

$$d_5^{\max} = 55,083 + 0,03 = 55,113 \text{ мм}$$

$$d_3^{\max} = 55,203 + 0,12 = 55,323 \text{ мм}$$

$$d_2^{\max} = 55,463 + 0,46 = 55,923 \text{ мм}$$

$$d_1^{\max} = 56,613 + 3 = 59,613 \text{ мм}$$

3) Визначаємо граничні значення припусків за переходами:

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max}, \text{ мм} \quad (1.27)$$

$$2Z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\min}, \text{ мм} \quad (1.28)$$

Рівність призначених і розрахованих мінімальних припусків свідчить про правильність виконаних розрахунків.

$$2Z_6^{\max} = d_5^{\max} - d_6^{\max} = 55,113 - 55,016 = 0,097 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{\max} = d_3^{\max} - d_5^{\max} = 55,323 - 55,113 = 0,21 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\max} = 55,923 - 55,323 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\max} = 59,613 - 55,923 = 3,69 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{\min} = d_5^{\min} - d_6^{\min} = 55,083 - 55,003 = 0,08 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{\min} = d_3^{\min} - d_5^{\min} = 55,203 - 55,083 = 0,12 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{\min} = d_2^{\min} - d_3^{\min} = 55,463 - 55,203 = 0,26 \text{ мм}$$

$$2Z_2^{\min} = d_1^{\min} - d_2^{\min} = 56,613 - 55,463 = 1,15 \text{ мм}$$

Для перевірки правильності виконаних розрахунків, перевіряємо виконання наступного рівняння:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дем}} \quad (1.29)$$

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

Таким чином:

$$3,69 + 0,6 + 0,21 + 0,097 - 1,15 - 0,26 - 0,12 - 0,08 = 3 - 0,013$$

$$2,987 = 2,987$$

Так як умови перевірки розрахунків виконуються - розраховуємо виконавчі розміри.

Виконавчі розміри на деталь задані на кресленні. Виконавчі розміри проміжних етапів ставляться щодо максимального розміру з відхиленням по "h" для валів або щодо мінімального розміру з відхиленням по "H" для отворів відповідно до раніше розробленої ППТЯ.

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

Номінальний розмір заготовки розраховується за формулою:

$$d_{ном} = d_{\min} + eid = d_{\max} - esd = 56,613 + 1 = 59,613 - 2 = 57,613_{мм} \quad (1.30)$$

Виконавчі розміри за переходами:

- заготовка $\phi 57_{-1}^{+2}$;
- чорнове точіння $\phi 55,9h14_{(-0,46)}$;
- чистове точіння $\phi 55,3h10_{(-0,12)}$;
- шліфування $\phi 55,1h7_{(-0,03)}$;
- тонке шліфування $\phi 55IT5_{(+0,003)}^{(+0,016)}$.

Розраховуємо припуски і технологічні розміри для поверхні 16 $\phi 35IT5_{(-0,004)}^{(+0,007)}$

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 16 призначаємо загальний припуск за [10, стор. 248], який чисельно дорівнює $2Z_0 = 2 \cdot 2,5 = 5_{мм}$.

Значення припуску на перехід розраховуємо за формулою:

$$2Z_i = 2Z_O \cdot \gamma, \text{ мм} \quad (1.31)$$

де γ – поправочний 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:

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

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

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

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

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 шуканого технологічного розміру з іншими розмірами, що утворюють замкнутий контур.

Розраховуємо виконавчі розміри заготовки за переходами в наступній послідовності.

1) Розрахунок максимального діаметра вала за переходами:

2)

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

де $d_{i+1}^{\max}$ – максимальний діаметр заготовки подальшого 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:

$$d_6^{\max} = d_6^{\text{ном}} + esd_6 = 35 + 0,007 = 35,007 \text{ мм} \quad (1.33)$$

де $d_6^{ном} = 35\text{мм}$ – номінальний діаметр;

$esd_6 = 0,007\text{мм}$ – граничне верхнє відхилення розміру.

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 за переходами:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i, \text{мм} \quad (1.34)$$

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

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

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

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

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

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

$$2Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min}, \text{мм} \quad (1.35)$$

$$2Z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\max}, \text{мм} \quad (1.36)$$

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

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

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

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

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

$$2Z_6^{\min} = d_5^{\min} - d_6^{\max} = 35,307 - 35,007 = 0,3\text{мм}$$

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

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

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

Для перевірки правильності виконуємо наступне рівняння:

$$TZ_0 = 2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.37)$$

де $2Z_0^{\max}, 2Z_0^{\min}$ – визначаються за формулами, де максимальні і мінімальні розміри заготовки і деталі:

$$2Z_0^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_{дет}^{\min}, \text{ мм} \quad (1.38)$$

$$2Z_0^{\min} = d_{заг}^{\min} - d_{дет}^{\max}, \text{ мм} \quad (1.39)$$

Так як умови перевірки розрахунків виконуються - розраховуємо виконавчі розміри.

Номінальний розмір заготовки розраховується за формулою (1.30):

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

Виконавчі розміри по переходах:

- заготівля $\phi 41,5_{-1}^{+1,5}$;
- чорнове точіння $\phi 37,3h13_{(-0,39)}$;
- чистове точіння $\phi 35,9h10_{(-0,1)}$;
- шліфування $\phi 35,32h7_{(-0,025)}$;
- тонке шліфування $\phi 35_{-0,004}^{+0,007}$.

У розрахункову таблицю 1.7 занесемо отримані результати.

Розраховуємо припуски і технологічні розміри для поверхні 18 $\phi 29^{+0,28}$.

Табличний метод призначення припусків для внутрішніх поверхонь полягає в призначенні діаметрів оброблюваної внутрішньої циліндричної поверхні за переходами за довідковими таблицями.

Для поверхні 18 призначаємо для свердління $\phi 25,5^{+0,62}$ [10, стор. 248].

Розраховуємо виконавчі розміри по переходах в аналогічній послідовності методом розмірних ланцюгів.

1) Розрахунок максимального діаметра отвору по переходах:

$$d_{дет}^{\max} = d_{дет}^{ном} + esd_{дет} = 29 + 0,28 = 29,28 \text{ мм}$$

де $d_{det}^{ном} = 29\text{мм}$ – номінальний діаметр поверхні 18;
 $esd_{det} = 0,28\text{мм}$ – граничне верхнє відхилення розміру.

Таким чином, отримуємо наступні значення максимальних діаметрів і граничних розмірів по переходах:

$$\text{для чист.растач. } d_2^{\max} = d_2^{\min} + Td_2 = 29 + 0,28 = 29,28\text{мм}$$

$$\text{для сверл. } d_1^{\max} = d_1^{\min} + Td_1 = 25,5 + 0,62 = 26,12\text{мм}$$

3) Визначаємо граничні значення припусків за переходами за формулами (1.35) і (1.36):

$$2Z_2^{\max} = d_2^{\max} - d_1^{\min} = 29,28 - 25,5 = 3,78\text{мм}$$

$$2Z_2^{\min} = d_2^{\min} - d_1^{\max} = 29 - 26,12 = 2,88\text{мм}$$

Для перевірки правильності виконаємо перевірку рівняння (1.37):

$$3,78 - 2,88 = 0,62 + 0,28$$

$$0,9 = 0,9$$

Так як умови перевірки розрахунків виконуються - розраховуємо виконавчі розміри.

Виконавчі розміри за переходами:

- заготовка - отвору немає;
- свердління $\varnothing 25,5^{+0,62}$;
- чистове розточування $\varnothing 29^{+0,28}$.

Припуски на інші поверхні даної деталі призначаються аналогічно. Результати розрахунків припусків і виконавчих розмірів заготовки зведено в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Припуски 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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
¹ 109js14($\pm 0,5$)	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	116,82	3,5	116,82	113,32	-	-	114,4 ^(+2,4) _{-1,1}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	2,3	111,02	0,52	111,02	110,5	6,32	2,3	111h14 _(-0,52)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1	109,5	0,52	109,5	108,5	2,52	1	109js14($\pm 0,5$)
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
² $\phi 37h14_{(-0,62)}$	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	45,52	2,5	45,52	43,02	-	-	$\phi 44^{(+1,6)}$ _{-0,9}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	3,6	39,42	0,62	39,42	38,8	6,72	3,6	$\phi 38,8h14_{(-0,62)}$
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,8	37	0,62	37	36,38	3,04	1,8	$\phi 37h14_{(-0,62)}$
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁴ $\phi 55IT5^{(+0,016)}$ _(+0,003)	1	Заготівельна	250	250	63	750	-	56,613	3	59,613	56,613	-	-	$\phi 57,6^{(+2)}$ ₋₁
	2	Чорн. токарна	50	50	4,78	45	1,15	55,463	0,46	55,923	55,463	3,69	1,15	$\phi 55,923h14_{(-0,46)}$
	3	Чист. токарна	20	20	2,52	30	0,26	55,203	0,12	55,323	55,203	0,6	0,26	$\phi 55,323h10_{(-0,12)}$
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	10	15	1,9	22,5	0,12	55,083	0,03	55,113	55,083	0,21	0,12	$\phi 55,113h7_{(-0,03)}$
	6	Тонке шліфув.	3,2	5	1,26	15	0,08	55,003	0,013	55,016	55,003	0,097	0,08	$\phi 55IT5^{(+0,016)}$ _(+0,003)
⁵ 46h14 _(-0,62)	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	52,74	2,5	52,74	50,24	-	-	51 ^(+1,7) _{-0,8}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	1,8	48,14	0,62	48,14	47,52	5,22	1,8	48,14h14 _(-0,62)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	0,8	46,72	0,62	46,72	46,1	2,04	0,8	46,72h14 _(-0,62)
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування					0,1	46	0,62	46	45,38	1,34	0,1	46h14 _(-0,62)
⁶ $\phi 65h14_{(-0,74)}$	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	75,54	3	75,54	72,54	-	-	$\phi 73,6^{(+1,9)}$ _{-1,1}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	4,8	67,74	0,74	67,74	67	8,54	2,4	$\phi 67,74h14_{(-0,74)}$
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	2	65	0,74	65	64,26	3,48	1	$\phi 65h14_{(-0,74)}$
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁷ 1,5h14 _(-0,25)	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	5,35	1	5,35	4,35	-	-	4,7 ^(+0,6) _{-0,4}
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	1,8	2,55	0,25	2,55	2,3	3,05	1,8	2,55h14 _(-0,25)
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	0,8	1,5	0,25	1,5	1,25	1,3	0,8	1,5h14 _(-0,25)
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁶ $\phi 35IT5^{(+0,007)}$ _(-0,004)	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	43,022	2,5	43,022	40,522	-	-	$\phi 41,5^{(+1,5)}$ ₋₁
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	3,2	37,322	0,39	37,322	36,932	6,09	3,2	$\phi 35h13_{(-0,39)}$
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,0	35,932	0,1	35,932	35,832	1,49	1,0	$\phi 35h10_{(-0,1)}$
	4	T/O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування	-	-	-	-	0,5	35,322	0,025	35,322	35,307	0,635	0,5	$\phi 35h7_{(-0,025)}$
	6	Тонке шліфув.	-	-	-	-	0,3	35,007	0,011	35,007	34,996	0,326	0,3	$\phi 35IT5^{(+0,007)}$ _(-0,004)

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18 $\phi 29H13^{(+0,28)}$	1	Заготівельна.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Свердління	-	-	-	-	-	26,12	0,62	26,12	25,5	-	-	$\phi 31H14^{(+0,62)}$
	3	Чист. розточув.	-	-	-	-	1,8	29,28	0,28	29,28	29	3,78	2,88	$\phi 29H13^{(+0,28)}$
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 $\phi 48H14^{(+0,62)}$	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	53,82	2,5	53,82	51,32	-	-	$\phi 53^{(+0,8)}_{-1,7}$
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	2,7	48,62	0,62	48,62	48	5,82	2,7	$\phi 48H14^{(+0,62)}$
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27 $\phi 26,5H10^{(+0,084)}$	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	34,414	2,1	34,414	32,314	-	-	$\phi 33,8^{(+0,6)}_{-1,5}$
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	3,6	28,714	0,33	28,714	28,384	6,03	3,6	$\phi 28,384H14^{(+0,33)}$
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	1,8	26,584	0,084	26,584	26,5	2,214	1,8	$\phi 26,5H10^{(+0,084)}$
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31 $0,5h15^{(-0,4)}$	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	5	1,8	5	3,2	-	-	$4^{(+1)}_{(-0,8)}$
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	2,7	0,5	0,4	0,5	0,1	4,9	2,7	$0,5h15^{(-0,4)}$
	3	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32 $R1h14^{(-0,3)}$	1	Заготівельна	-	-	-	-	-	4,9	1	4,9	3,9	-	-	$R4,3^{(+0,6)}_{(-0,4)}$
	2	Чорн. токарна	-	-	-	-	1,8	2,1	0,3	2,1	1,8	3,1	1,8	$R2,1h14^{(-0,3)}$
	3	Чист. токарна	-	-	-	-	0,8	1	0,3	1	0,7	1,4	0,8	$R1h14^{(-0,3)}$
	4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.6 Проектування операційної технології

1.6.1 Операція 030 токарна з ЧПУ

На даній операції виконується токарна і свердлильна обробка деталі. Зняття припуску здійснюється за два установи, тому що обробляється деталь з двох боків. Операційний ескіз показано на рис. 1.9.

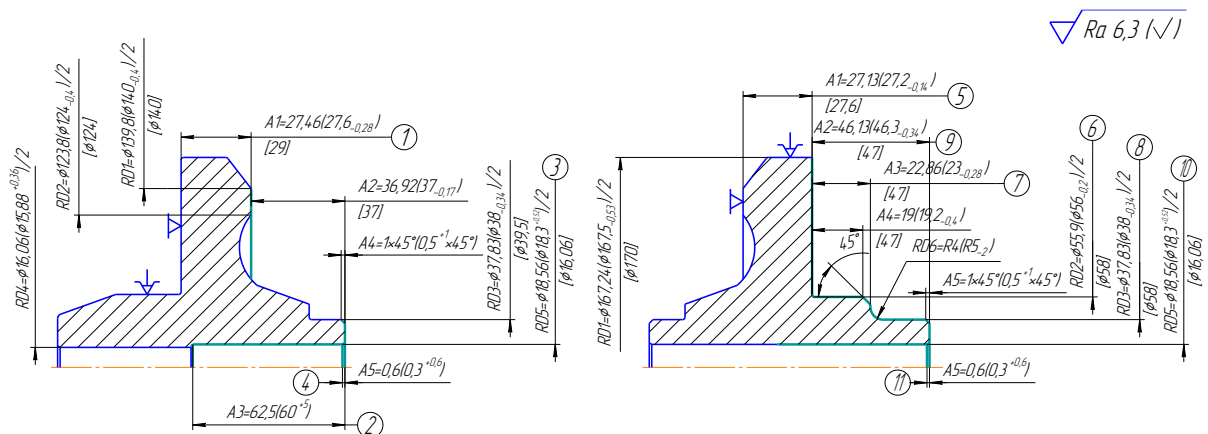


Рисунок 1.9- Операційний ескіз токарної операції

Обробка ведеться на верстаті АТПР-2М12СН з системою ЧПУ Н22-1М. При цьому застосовується наступний ріжучий інструмент:

- точіння поверхонь 1,2,5,6,7,8,9 - різець прохідний ГОСТ 26613-85; Т15К6; R0,8 (4 шт.);
- розсвердлювання поверхонь 3, 10 - свердло спіральне Ø18,3 ГОСТ 10902-77; Р18 (2 шт.);
- підрізання фасок (поверхні 4, 11) - різець прохідний відігнутий ГОСТ 18880-73; Т15К6; R1 (2 шт.).

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

1) Призначення глибини різання.

Глибина різання призначається (табл. 1.8) в залежності від параметра точності і шорсткості оброблюваної поверхні [11, стор. 236].

Таблиця 1.8 - Глибина різання оброблюваних поверхонь

№ поверхні	Установ 1				Установ 2						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Глибина різання t , мм	0,7	0,7	1,21	0,5	0,2	0,5	0,5	2	0,35	1,21	0,5

2) Призначення подачі.

Величина подачі інструменту при токарній обробці:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{So}, \text{мм/об} \quad (1.40)$$

де S_{oT} – табличне значення величини подачі при точінні, визначається за [11, с. 237], мм/об ;

K_{So} – поправочний коефіцієнт на величину подачі, що розраховується за формулою:

$$K_{So} = K_{СП} \cdot K_{СИ} \cdot K_{СФ} \cdot K_{СЗ} \cdot K_{СЖ} \cdot K_{СМ} \quad (1.41)$$

де $K_{СП}, K_{СИ}, K_{СФ}, K_{СЗ}, K_{СЖ}, K_{СМ}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують відповідно стан оброблюваної поверхні, матеріал інструменту, форму оброблюваної заготовки, вплив гартування перед обробкою, жорсткість технологічної системи, матеріал оброблюваної деталі [11, с. 239].

Величина подачі інструменту при свердлінні:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_S, \text{мм/об} \quad (1.42)$$

де S_{oT} – табличне значення величини подачі при свердлінні, *мм/об* [11, с. 237];

K_S – поправочний коефіцієнт на величину подачі, що розраховується за формулою:

$$K_S = K_{SI} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SH} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM} \quad (1.43)$$

де $K_{SI}, K_{SЖ}, K_{SH}, K_{Sd}, K_{SM}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують відповідно глибину свердління, жорсткість технологічної системи, матеріал інструменту, тип оброблюваного отвору, марку оброблюваного матеріалу [11, стор. 267].

В результаті отримуємо такі значення величин подачі інструментів:

Поверхня 1

$$S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,95; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,65;$$

$$S_o = 0,3 \cdot 0,65 = 0,2 \text{ мм/об}.$$

Поверхня 2

$$S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,55; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,55 \cdot 1 = 0,37;$$

$$S_o = 0,3 \cdot 0,37 = 0,11 \text{ мм/об}.$$

Поверхня 3

$$S_{oT} = 0,27 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SЖ} = 0,75; K_{SH} = 1; K_{Sd} = 0,5; K_{SM} = 0,75;$$

$$K_S = 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 0,28$$

$$S_o = 0,27 \cdot 0,28 = 0,08 \text{ мм/об}.$$

Поверхня 4

$$S_{oT} = 0,45 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,45; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,45 \cdot 1 = 0,31;$$

$$S_o = 0,45 \cdot 0,31 = 0,14 \text{ мм/об}.$$

Поверхня 5

$$S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 1; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,68;$$

$$S_o = 0,3 \cdot 0,68 = 0,2 \text{ мм/об}.$$

Поверхня 6

$$S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,65; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,44;$$

$$S_o = 0,3 \cdot 0,44 = 0,13 \text{ мм/об.}$$

Поверхня 7

$$S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}; K_{СП} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\Phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,65; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,44;$$

$$S_o = 0,3 \cdot 0,44 = 0,13 \text{ мм/об.}$$

Поверхня 8

$$S_{oT} = 0,38 \text{ мм/об}; K_{СП} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\Phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,65; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,44;$$

$$S_o = 0,38 \cdot 0,44 = 0,15 \text{ мм/об.}$$

Поверхня 9

$$S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}; K_{СП} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\Phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,55; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,55 \cdot 1 = 0,37;$$

$$S_o = 0,3 \cdot 0,37 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

Поверхня 10

$$S_{oT} = 0,27 \text{ мм/об}; K_{SI} = 1; K_{SЖ} = 0,75; K_{SH} = 1; K_{Sd} = 0,5; K_{SM} = 0,75;$$

$$K_S = 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 0,28$$

$$S_o = 0,27 \cdot 0,28 = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Поверхня 11

$$S_{oT} = 0,45 \text{ мм/об}; K_{СП} = 1; K_{SH} = 1; K_{S\Phi} = 0,85; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,45; K_{SM} = 1;$$

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,45 \cdot 1 = 0,31;$$

$$S_o = 0,45 \cdot 0,31 = 0,14 \text{ мм/об.}$$

3) Визначення швидкості різання.

Швидкість різання при точінні розраховується за формулою:

$$V = V_T \cdot K_V, \text{ м/мин} \quad (1.44)$$

де V_T – табличне значення величини швидкості різання, м/хв, визначається за [11, с. 243];

K_V – поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання, розраховується за формулою:

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VII} \cdot K_{V\Phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VII} \cdot K_{Vo} \quad (1.45)$$

де $K_{VM}, K_{VII}, K_{V\Phi}, K_{Vm}, K_{VЖ}, K_{VII}, K_{Vo}$ – коефіцієнти, що враховують властивості відповідно оброблюваного матеріалу, матеріал різального інструменту, геометрію інструменту, вид обробки, твердість технологічної системи, стан оброблюваної поверхні, застосування ЗОТС [11, с. 244].

Величина швидкості різання під час свердління розраховується за формулою (1.44). При цьому, її табличне значення призначається за [11, с. 269]. Поправочний коефіцієнт на величину швидкості різання під час свердління:

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{Vd} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VT} \cdot K_{VI} \quad (1.46)$$

де $K_{VM}, K_{VI}, K_{Vd}, K_{Vo}, K_{VT}, K_{VI}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують відповідно марку оброблюваного матеріалу, матеріал інструменту, тип отвору, умови обробки, стійкість інструменту, довжину свердління [11, с. 270].

В результаті отримуємо такі значення величин швидкостей різання:

Поверхня 1

$$V_T = 131 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VI} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 1,11; K_{V\kappa} = 0,9; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 1;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 1,11 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 1,19;$$

$$V = 131 \cdot 1,19 = 155,75 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 2

$$V_T = 168 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VI} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 1,45; K_{V\kappa} = 0,45; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 1;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 1,45 \cdot 0,45 \cdot 1 \cdot 1 = 0,78;$$

$$V = 168 \cdot 0,78 = 133,46 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 3

$$V_T = 22 \text{ м/хв}; K_{VM} = 1; K_{VI} = 1; K_{Vd} = 1; K_{Vo} = 0,8; K_{VT} = 1; K_{VI} = 1;$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8;$$

$$V = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 4

$$V_T = 183 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VI} = 1,9; K_{V\phi} = 1,2; K_{Vm} = 0,6; K_{V\kappa} = 0,3; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,24;$$

$$V = 183 \cdot 0,24 = 43,26 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 5

$$V_T = 144 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VI} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 1,11; K_{V\kappa} = 1; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,06;$$

$$V = 144 \cdot 1,06 = 152,19 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 6

$$V_T = 161 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VII} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 0,65; K_{VЖ} = 0,61; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 0,65 \cdot 0,61 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,38;$$

$$V = 161 \cdot 0,38 = 60,78 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 7

$$V_T = 161 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VII} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 1,09; K_{VЖ} = 0,55; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 1,09 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,57;$$

$$V = 161 \cdot 0,57 = 91,9 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 8

$$V_T = 144 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VII} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 0,65; K_{VЖ} = 0,61; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 0,65 \cdot 0,61 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,38;$$

$$V = 144 \cdot 0,38 = 54,36 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 9

$$V_T = 162 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VII} = 1,9; K_{V\phi} = 0,87; K_{Vm} = 1,11; K_{VЖ} = 0,41; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 0,87 \cdot 1,11 \cdot 0,41 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,43;$$

$$V = 162 \cdot 0,43 = 70,2 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 10

$$V_T = 22 \text{ м/хв}; K_{VM} = 1; K_{VII} = 1; K_{Vd} = 1; K_{Vo} = 0,8; K_{VT} = 1; K_{VI} = 1;$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8;$$

$$V = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ м/хв}.$$

Поверхня 11

$$V_T = 183 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 0,72; K_{VII} = 1,9; K_{V\phi} = 1,2; K_{Vm} = 0,6; K_{VЖ} = 0,3; K_{VII} = 1; K_{Vo} = 0,8;$$

$$K_V = 0,72 \cdot 1,9 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,24;$$

$$V = 183 \cdot 0,24 = 43,26 \text{ м/хв}.$$

4) Визначення кількості обертів шпинделя.

Число оборотів шпинделя n розраховується за формулою (1.47) і коригується за паспортом верстата n_ϕ [12, стор. 61]:

$$n = \frac{1000V}{\pi d}, \text{ об/хв} \quad (1.47)$$

де d – максимальний діаметр обробки, мм.

Поверхня 1

$$n = \frac{1000 \cdot 155,75}{\pi \cdot 144} = 344,38 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 315 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 2

$$n = \frac{1000 \cdot 133,46}{\pi \cdot 38} = 1117,94 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 890 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 3

$$n = \frac{1000 \cdot 17,6}{\pi \cdot 18,3} = 306,13 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 275 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 4

$$n = \frac{1000 \cdot 43,26}{\pi \cdot 18,3} = 752,4 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 643 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 5

$$n = \frac{1000 \cdot 152,19}{\pi \cdot 167,5} = 289,2 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 275 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 6

$$n = \frac{1000 \cdot 60,78}{\pi \cdot 56} = 345,47 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 315 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 7

$$n = \frac{1000 \cdot 91,9}{\pi \cdot 56} = 522,34 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 455 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 8

$$n = \frac{1000 \cdot 54,36}{\pi \cdot 56} = 308,99 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 275 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 9

$$n = \frac{1000 \cdot 70,2}{\pi \cdot 38} = 588,04 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 550 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 10

$$n = \frac{1000 \cdot 17,6}{\pi \cdot 18,3} = 306,13 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 275 \text{ об/хв.}$$

Поверхня 11

$$n = \frac{1000 \cdot 43,26}{\pi \cdot 18,3} = 752,4 \text{ об/хв. Приймаємо } n_{\phi} = 643 \text{ об/хв.}$$

5) Визначення хвилинної подачі інструменту

Хвилинна подача різального інструмента розраховуємо за формулою:

$$S_M = S_o \cdot n_{\phi}, \text{ мм/хв} \quad (1.48)$$

Поверхня 1

$$S_M = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 2

$$S_M = 0,11 \cdot 890 = 98 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 3

$$S_M = 0,08 \cdot 275 = 22 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 4

$$S_M = 0,14 \cdot 643 = 90 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 5

$$S_M = 0,2 \cdot 275 = 55 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 6

$$S_M = 0,13 \cdot 315 = 41 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 7

$$S_M = 0,13 \cdot 455 = 59 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 8

$$S_M = 0,13 \cdot 275 = 36 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 9

$$S_M = 0,11 \cdot 550 = 60 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 10

$$S_M = 0,08 \cdot 275 = 22 \text{ мм/хв}$$

Поверхня 11

$$S_M = 0,14 \cdot 643 = 90 \text{ мм/хв}$$

Нормування операції

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:

$$T_o = T_{P.X.} + T_{XX}, \text{ хв} \quad (1.49)$$

де $T_{P.X.}$ — час робочого ходу інструменту, розраховується за формулою (1.50);

T_{XX} — час холостого ходу інструменту, розраховується за формулою (1.51).

$$T_{P.X.} = \frac{L_{P.X.}}{S_M}, \text{ хв} \quad (1.50)$$

де $L_{P.X.}$ — довжина робочого ходу інструмента з урахуванням величин врізання та перебігу, визначається кресленням РТК проектованої операції, мм;

S_M — хвилинна подача інструменту, мм/хв.

$$T_{XX} = \frac{L_{XX}}{S_{XX}}, \text{ хв} \quad (1.51)$$

де L_{XX} — довжина холостого ходу руху інструменту, визначається кресленням РТК проекрованої операції, мм;

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

Проектована операція механічної обробки здійснюється за два установи, отже, нормування розраховуємо для кожного установи і інструмента окремо, визначаючи його основний час за формулою:

$$T_{oi} = T_{P.X.i} + T_{XX.i}, \text{ хв} \quad (1.52)$$

де $T_{P.X.i}$, $T_{XX.i}$ — час відповідно робочого і холостого ходу інструменту, що визначаються за формулами (1.50) і (1.51);

i — номер інструменту.

Потім визначаємо загальний основний час обробки за установ:

$$T_o = \sum_1^m T_{o.i}, \text{ хв} \quad (1.53)$$

де m — загальна кількість інструментів, що беруть участь в обробці за один установ.

В результаті отримуємо:

а) Установ 1:

Інструмент №1

$$T_{P.X.1} = \frac{\left(\frac{139,8}{2} + 2\right) - \left(\frac{123,8}{2} - 2\right)}{63} + \frac{\left(\frac{37,83}{2} + 2\right) - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)}{98} = 0,34 \text{ хв}$$

$$T_{XX.1} = \frac{(281 - (27,46 + 36,92 + 20)) \cdot 2 + \left(140 - \left(\frac{139,8}{2} + 2\right)\right) + (36,92 + 20 - 1,5) + 36,92}{1200} + \frac{\left(\left(\frac{123,8}{2} - 2\right) - \frac{37,83}{2} - 2\right) + (20 - 1,5) + \left(140 - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)\right)}{1200} = \frac{743,9}{1200} = 0,62 \text{ хв}$$

$$T_{o1} = 0,34 + 0,62 = 0,96 \text{ хв}$$

Інструмент №2

$$T_{P.X.2} = \frac{\left(\frac{139,8}{2} + 2\right) - \left(\frac{123,8}{2} - 2\right)}{63} + \frac{\left(\frac{37,83}{2} - 1\right) + (1+2)\sqrt{2} - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)}{98} = 0,35x\text{в}$$

$$T_{XX.2} = \frac{(281 - (27,46 + 36,92 + 20)) \cdot 2 + \left(140 - \left(\frac{139,8}{2} + 2\right)\right) + (36,92 + 20 - 0,8)}{1200} +$$

$$+ \frac{(36,92 - 0,8 + 1,5 - (2 + 1,5)) + \left(\left(\frac{123,8}{2} - 2\right) - \frac{37,83}{2} - 2\right) + (20 - 0,8) + \left(140 - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)\right)}{1200} =$$

$$= \frac{744}{1200} = 0,62x\text{в}$$

$$T_{o2} = 0,35 + 0,62 = 0,97x\text{в}$$

Инструмент №3

$$T_{P.X.3} = \frac{(62,5 + 2) \cdot 2}{22} = 5,86x\text{в}$$

$$T_{XX.3} = \frac{(281 - (27,46 + 36,92 + 20)) \cdot 2 + 140 \cdot 2 + (20 - 2) \cdot 2}{1200} = \frac{709,24}{1200} = 0,59x\text{в}$$

$$T_{o3} = 5,86 + 0,59 = 6,45x\text{в}$$

Инструмент №4

$$T_{P.X.4} = \frac{1 + 0,6 + 2}{90} = 0,04x\text{в}$$

$$T_{XX.4} = \frac{(281 - (27,46 + 36,92 + 20)) \cdot 2 + \left(140 - \left(\frac{18,3}{2} - 2\right)\right) + (20 + 0,6) + (20 - 2)}{1200} +$$

$$+ \frac{\left(140 - \left(\frac{18,3}{2} - 1\right)\right)}{1200} = \frac{696,54}{1200} = 0,58x\text{в}$$

$$T_{o4} = 0,04 + 0,58 = 0,62x\text{в}$$

$$T_o = 0,96 + 0,97 + 6,45 + 0,62 = 9x\text{в}$$

б) Установ 2:

Инструмент №5

$$T_{P.X.5} = \frac{\left(\frac{167,5}{2} + 2 - \left(\frac{55,9}{2} + 1,3\right)\right)}{55} + \frac{46,13 - 1 + 1,15 + 2}{41} + \frac{(46,13 - 22,86 - 1,3 + 1,15 + 2) \cdot 2}{36} +$$

$$+ \frac{(2 + 1,5 + 2) \cdot \sqrt{2}}{36} + \frac{\frac{37,83}{2} + 0,5 + 1,5 + 2 + 2 + 2 - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)}{60} = 4,16x\text{в}$$

$$\begin{aligned}
T_{XX.5} &= \frac{(281 - 27,13 - 46,13 - 20) \cdot 2 + \left(140 - \left(\frac{167,5}{2} + 2\right)\right) + (46,13 - 1 + 20) + (2\sqrt{2}) \cdot 2}{1200} + \\
&+ \frac{(46,13 - 1,3 - 2 + 1,15 + 2) \cdot 2 + 2 + (2 + 1,5) \cdot 2 + 1,5 + (46,13 - 22,86 - 1,3 + 1,15 + 2)}{1200} + \\
&+ \frac{(1,5 + 2) + (46,13 - 22,86 - 1,3 + (2 + 1,5 + 2) \cdot \sqrt{2} + 1,15) + (20 - 1,15) + \left(140 - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)\right)}{1200} = \\
&= \frac{815,32}{1200} = 0,68x\text{в}
\end{aligned}$$

$$T_{o5} = 4,16 + 0,68 = 4,84x\text{в}$$

Инструмент №6

$$\begin{aligned}
T_{P.X.6} &= \frac{\left(\frac{167,5}{2} + 2 - \left(\frac{55,9}{2} + 0,8\right)\right)}{55} + \frac{(46,13 - 22,86 - 1,3 + 1,15 + 2) \cdot 3 - 1 - 2}{36} + \\
&+ \frac{(0,8 + 0,5 + 1,15 + 2) \cdot \sqrt{2}}{36} + \frac{46,13 - 22,86 - 4}{36} + \frac{\frac{2\pi \cdot 4}{4}}{36} + \\
&+ \frac{\left(\frac{55,9}{2} - (22,86 - 19)\right) - \left(\frac{37,83}{2} + 4\right)}{59} + \frac{(22,86 - 19) \cdot \sqrt{2}}{59} + \frac{19 - 0,8 + 0,8 \operatorname{tg} 22,5}{41} + \\
&+ \frac{\left(\frac{37,83}{2} + 0,8 + 0,5\right) - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)}{60} = 4,7x\text{в}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{XX.6} &= \frac{(281 - 27,13 - 46,13 - 20) \cdot 2 + \left(140 - \left(\frac{167,5}{2} + 2\right)\right) + (46,13 - 0,8 + 20)}{1200} + \\
&+ \frac{(2 + 1,3 - 0,8) \cdot \sqrt{2} \cdot 2 + (46,13 - 2 - 1,3 + 0,8 + 1,15 + 2) + (2 + 1,5 + 2 + 2) + 2}{1200} + \\
&+ \frac{((46,13 - 22,86 - 1,3 + 1,15 + 2) \cdot 3 - (1 + 2)) + (2 + 2) + (2 + 1,5) + (0,8 + 0,5 + 1,15 + 2 + 2)}{1200} + \\
&+ \frac{(46,13 - (2 + 1,3 - 0,8) + 0,8) + (2 + 1,5 + 2 + 2 + 2 + 1,5) + (20 - 0,8) + \left(140 - \left(\frac{16,06}{2} - 2\right)\right)}{1200} = \\
&= \frac{853}{1200} = 0,71x\text{в}
\end{aligned}$$

$$T_{o6} = 4,7 + 0,71 = 5,41x\text{в}$$

Инструмент №7

$$T_{P.X.7} = \frac{(62,5 + 2) \cdot 2}{22} = 5,86x\text{в}$$

$$T_{XX.7} = \frac{(281 - (27,13 + 46,13 + 20)) \cdot 2 + 140 \cdot 2 + (20 - 2) \cdot 2}{1200} = \frac{691,48}{1200} = 0,58 \text{ хв}$$

$$T_{o7} = 5,86 + 0,58 = 6,44 \text{ хв}$$

Інструмент №8

$$T_{P.X.8} = \frac{1 + 0,6 + 2}{90} = 0,04 \text{ хв}$$

$$T_{XX.8} = \frac{(281 - (27,13 + 46,13 + 20)) \cdot 2 + \left(140 - \left(\frac{18,3}{2} - 2\right)\right) + (20 + 0,6) + (20 - 2)}{1200} +$$

$$+ \frac{\left(140 - \left(\frac{18,3}{2} - 1\right)\right)}{1200} = \frac{679}{1200} = 0,57 \text{ хв}$$

$$T_{o8} = 0,04 + 0,57 = 0,61 \text{ хв}$$

$$T_o = 4,68 + 5,41 + 6,44 + 0,61 = 17,14 \text{ хв}$$

Таким чином, сумарний основний, загальний час обробки за два установи, дорівнює:

$$T_o = 9 + 17,14 = 23,14 \text{ хв}$$

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

$$t_g = t_y + t_c + t_{упр} + t_{б.н.} + t_{б.о.} + t_{контр.} + t_{см.копира.}, \text{ хв} \quad (1.54)$$

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

$t_{упр}$ – час, що витрачається на управління верстатом: вмикання верстата, зміну подачі і 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 $2 \cdot 0,01 = 0,02$ хв;

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

$t_{см.копира.}$ – час, що витрачається на зміну копіра; в даній операції не використовується копір, тому норма часу дорівнює 0;

$t_{контр.}$ – час, що витрачається на контроль розмірів після обробки,

визначається за формулою:

$$t_{\text{контр.}} = t_{\text{контр.норм.}} \cdot K \cdot i, \text{ хв} \quad (1.55)$$

де $t_{\text{контр.норм.}}$ – нормативний час вимірювання одного параметра деталі, чисельно дорівнює 0,07 хв [9, стор. 160];

K – коефіцієнт періодичності, приймається рівним 0,3;

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

$$t_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,3 \cdot 19 = 0,4 \text{ хв}$$

Таким чином, допоміжний час приймає таке значення:

$$t_{\text{е}} = 0,26 + 0,02 + 0 + 0 + 0 + 0,4 = 0,68 \text{ хв}$$

3. Визначаємо оперативний час за такою формулою:

$$t_{\text{он}} = t_{\text{о}} + t_{\text{е}} = 23,14 + 0,68 = 23,82 \text{ хв} \quad (1.56)$$

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

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{np}} = t_{\text{он}} \cdot \alpha_{\Sigma}, \text{ хв} \quad (1.57)$$

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

α_1 – отримання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку і здача їх після закінчення обробки, визначається за [9, стор. 136], і чисельно дорівнює 0,08;

α_2 – час на обслуговування робочого місця, визначається за [9, стор. 136], чисельно дорівнює 0,02;

α_3 – час перерв на відпочинок і природні потреби, чисельно дорівнює 0,04 [9, стор. 136].

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

Таким чином, додатковий час приймає значення:

$$t_{np} = 23,82 \cdot 0,14 = 3,33 \text{ хв}$$

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

$$t_{um} = (t_o + t_g)(1 + \alpha_{\Sigma}) = (23,14 + 0,68)(1 + 0,14) = 27,15 \text{ хв} \quad (1.58)$$

6. Підраховуємо підготовчо-заклучний час, який витрачається на такі дії:
- ознайомитися з новим завданням (операційним ескізом, схемою налагодження тощо);

- 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 настроювання, регулювання верстата;
- налаштувати керуючу програму;
- провести пробну обробку (5...9 разів) і за результатами вимірів провести коригування – настроювання верстата.

Ця норма часу розраховується за такою формулою:

$$t_{n-3} = t_{n-31} + t_{n-32} + t_{n-33}, \text{ хв} \quad (1.59)$$

де t_{n-31} – норматив часу на наладку верстата, інструменту та пристосувань, визначається за [13, 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, що витрачається на отримання інструменту і пристосувань до початку і здачу їх після закінчення обробки, визначається за [13, стор. 216], і чисельно дорівнює 9 хв;

Таким чином, підготовчо-заклучний час:

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

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

$$t_{ш-к} = t_{шм} + \frac{t_{n-3}}{N} = 27,15 + \frac{16}{1000} = 27,166 \text{ хв} \quad (1.60)$$

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

$$q_{зм} = \frac{f_{зм}}{t_{ш-к}}, \text{ шт/зміну} \quad (1.61)$$

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

Таким чином, змінна норма виробітку:

$$q_{зм} = \frac{492}{27,166} = 18,111 \text{ шт/зміну}$$

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 $q_{зм} = 20 \text{ шт/зміну}$.

1.6.2 Операція 070 свердлильна

На даній операції виконується свердління трьох отворів діаметром 4 мм на вертикально-свердлильному верстаті мод. 2М112. Операційний ескіз даної операції показано на рис. 1.10.

Розрахунок режимів різання

За методикою, описаної в попередньому підрозділі пояснювальної записки, визначаємо призначення режимів різання.

1) Призначення глибини різання.

Оскільки свердлиться отвір в суцільному металі, глибина різання дорівнює радіусу отвору, тобто $t = 2 \text{ мм}$.

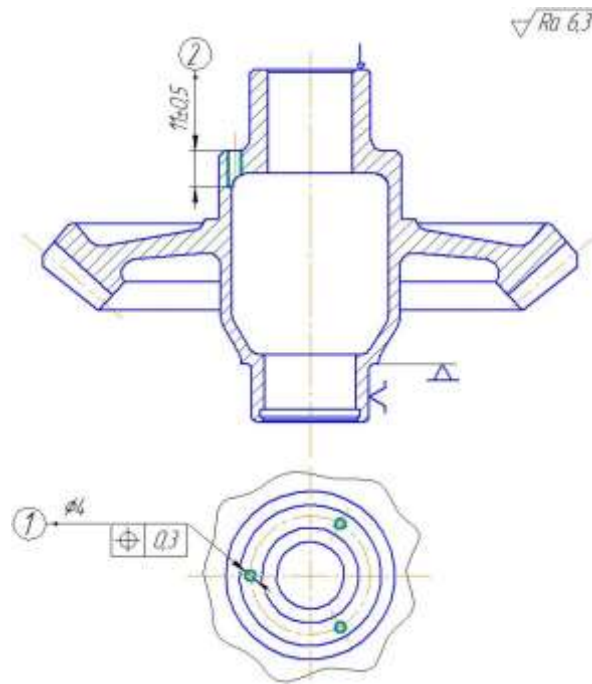


Рисунок 1.10 - Операційний ескіз свердлильної операції 070

2) Призначення подачі.

$$K_{Sl} = 0,85; K_{SЖ} = 1; K_{SH} = 1; K_{Sd} = 1; K_{SM} = 0,75; K_{So} = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,64;$$

$$S_{oT} = 0,08 \text{ мм/об}; S_o = 0,08 \cdot 0,64 = 0,05 \text{ мм/об};$$

3) Визначення швидкості різання.

$$V_T = 17 \text{ м/хв};$$

$$K_{VM} = 1; K_{VI} = 0,86; K_{Vd} = 0,9; K_{Vo} = 1; K_{VT} = 1; K_{Vl} = 0,5; K_V = 1 \cdot 0,86 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,39;$$

$$V = 17 \cdot 0,39 = 6,63 \text{ м/хв}.$$

4) Визначення кількості обертів шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 6,63}{\pi \cdot 4} = 527,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_\phi = 450 \text{ об/хв}$.

5) Визначення хвилинної подачі інструменту.

$$S_M = 0,05 \cdot 450 = 22,5 \text{ мм/хв}$$

Нормування операції виконуємо в послідовності, описаній вище з урахуванням обробки всіх поверхонь згідно операційного ескізу. В результаті отримуємо:

$$t_o = \frac{11 + 2}{22,5} \cdot 3 = 1,73 \text{ хв};$$

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

$$t_{\text{он}} = 1,73 + 0,49 = 2,22 \text{ хв};$$

$$t_{\text{нр}} = 2,25 \cdot (0,08 + 0,02 + 0,04) = 0,32 \text{ хв};$$

$$t_{\text{ум}} = (1,73 + 0,49)(1 + 0,14) = 2,54 \text{ хв};$$

$$t_{\text{н-з}} = 7 + 0 + 9 = 16 \text{ хв};$$

$$t_{\text{м-к}} = 2,54 + \frac{16}{1000} = 2,56 \text{ хв}.$$

1.6.3 Операція 085 фрезерна

На даній операції виконується фрезерування лисок на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6Р80. Операційний ескіз даної операції показано на рис. 1.11.

За методикою, описаної раніше, призначаємо режими різання.

1) Призначення глибини різання.

Згідно операційного ескізу глибина різання складає $t = 2 \text{ мм}$.

2) Призначення подачі.

$$K_{S_{z\Pi}} = 1; K_{S_{z\Phi}} = 0,66; K_{S_{zR}} = 0,25;$$

$$K_{S_o} = 1 \cdot 0,66 \cdot 0,25 = 0,17;$$

$$S_{oT} = 0,18 \text{ мм/об}; S_o = 0,18 \cdot 0,17 = 0,03 \text{ мм/об}.$$

3) Визначення швидкості різання.

$$V_T = 60 \text{ м/хв};$$

$$K_{VH} = 1; K_{V\Pi} = 1; K_{Vo} = 1; K_{V\Phi} = 0,8; K_{VM} = 0,86;$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,86 = 0,69;$$

$$V = 60 \cdot 0,69 = 41,4 \text{ м/хв}.$$

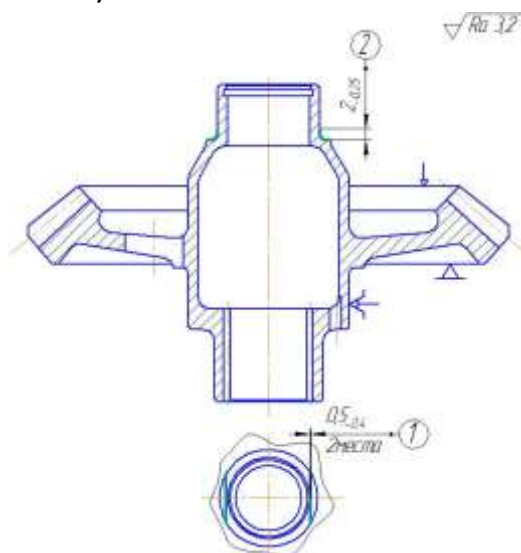


Рисунок 1.11 - Операційний ескіз фрезерної операції 085

4) Визначення кількості обертів шпинделя.

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

Приймаємо $n_{\phi} = 100 \text{ об/хв}$.

5) Визначення хвилинної подачі інструменту.

Для фрезерування значення хвилинної подачі визначається за формулою:

$$S_M = S_o \cdot n \cdot z = 0,03 \cdot 100 \cdot 22 = 66 \text{ мм/хв} \quad (1.62)$$

де z – число зубців дискової фрези (табл. 1.6).

Нормування операції виконуємо в послідовності, описаній вище з урахуванням обробки всіх поверхонь згідно операційного ескізу. При розрахунку слід врахувати, що обробка ведеться двома інструментами одночасно, тому основний час розраховується як для одного. В результаті отримуємо:

$$t_o = \frac{9 + 2 \cdot 20}{66} = 0,74 \text{ хв};$$

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

$$t_{on} = 0,74 + 0,88 = 1,62 \text{ хв};$$

$$t_{np} = 1,62 \cdot (0,08 + 0,02 + 0,04) = 0,23 \text{ хв};$$

$$t_{um} = (0,74 + 0,88)(1 + 0,14) = 1,85 \text{ хв};$$

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

$$t_{u-k} = 1,85 + \frac{16}{1000} = 1,87 \text{ хв}.$$

В таблиці 1.9 вказані складові норм часу на операції технологічного процесу виготовлення конічного зубчастого колеса.

Таблиця 1.9 – Загальна таблиця нормування технологічних операцій

№ операції	Найменування операції	Модель верстата	t_{um} , хв	t_o , хв	t_{ϵ} , хв	t_{um-k} , хв
015	Токарна	16K20Ф3	3,53	2,37	0,73	3,55
020	Токарна	16K20Ф3	3,14	1,96	0,79	3,16
025	Свердлильна	2M112	5,21	4,17	0,71	5,25

Продовження таблиці 1.9

030	Токарна з ЧПУ	АТПр-2М12СН	27,15	23,14	0,68	27,17
035	Токарна з ЧПУ	АТПр-2М12СН	26,73	21,57	0,75	26,81
040	Зубонарізна	5С263	38,21	30,78	2,46	39,15
045	Зубонарізна	5С263	38,21	30,78	2,46	39,15
055	Мийна	Мийна машина	0,34	0,3	0,1	0,45
060	Токарна з ЧПУ	АТПр-2М12СН	15,56	10,78	1,24	16,13
065	Токарна з ЧПУ	АТПр-2М12СН	41,27	37,14	1,53	43,49
070	Свердлильна	2М112	2,54	1,73	0,49	2,56
075	Свердлильна	2М112	5,92	4,02	1,2	6,05
080	Довбальна	5122	28,46	22,37	3,46	29,42
085	Фрезерна	6Р80	1,85	0,74	0,88	1,87
095	Круглошліфу- вальна	3М151	2,77	0,45	1,68	2,85
100	Круглошліфу- вальна	3М151	2,67	0,43	1,68	2,76
105	Зубоошліфу- вальна	58ВП70В	36,37	29,81	3,72	37,83
115	Мийна	Мийна машина	0,34	0,3	0,1	0,45

1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ з використанням САМ та САЕ-модулів

Одним з основних способів багаторазового підвищення продуктивності з одночасним підвищенням ефективності і гнучкості машинобудівного виробництва є використання автоматизованого обладнання, зокрема, верстатів з ЧПУ.

До основних переваг металорізальних верстатів з ЧПУ відносяться:

- об'єднання кращих якостей універсального обладнання, багато інструментальних напівавтоматів, здатність отримання необхідної точності обробки методом пробних проходів і автоматичним настроюванням на розмір з урахуванням корекції при зношенні інструменту, при теплових деформаціях, пружних віджиманнях та інших погрішності;

- відносно швидке переналагодження верстата при переході на обробку деталі іншого типорозміру;

- використання в гнучких автоматичних лініях, де обробляються заготовки різних типів виробництва: від одиничного до масового;
- можливість об'єднання великого числа операцій обробки на одному робочому місці аж до повного виготовлення деталі (на верстатах типу «обробний центр»);
- підвищення продуктивності за рахунок зменшення додаткового часу і можливості багатOVERSTATного обслуговування.

1.7.1 Розробка токарної 065 операції з ЧПУ

На прикладі операції 065 розробимо управляючу програму (УП) для токарного верстата з ЧПУ за допомогою модуля САМ спеціалізованого комп'ютерного пакету NX. За допомогою цієї програми створюємо 3-D модель деталі (рис. 1.12).

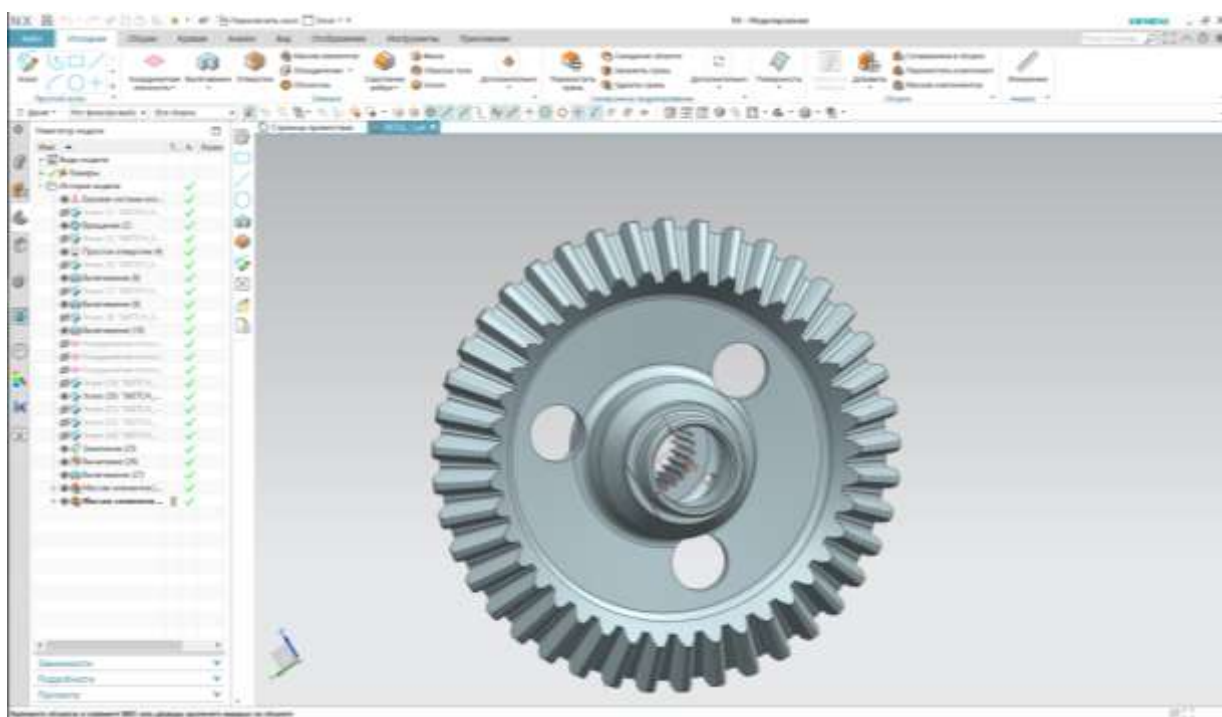


Рисунок 1.12 – 3-D модель конічного зубчастого колеса

Розробка УП складається з наступних основних етапів для кожного переходу:

- вибір інструментів в базі;
- визначення режимів різання;
- формування траєкторії інструменту;
- створення програми;

Рисунок 1.14 – Траєкторія різця (перехід 1, оп. 065)

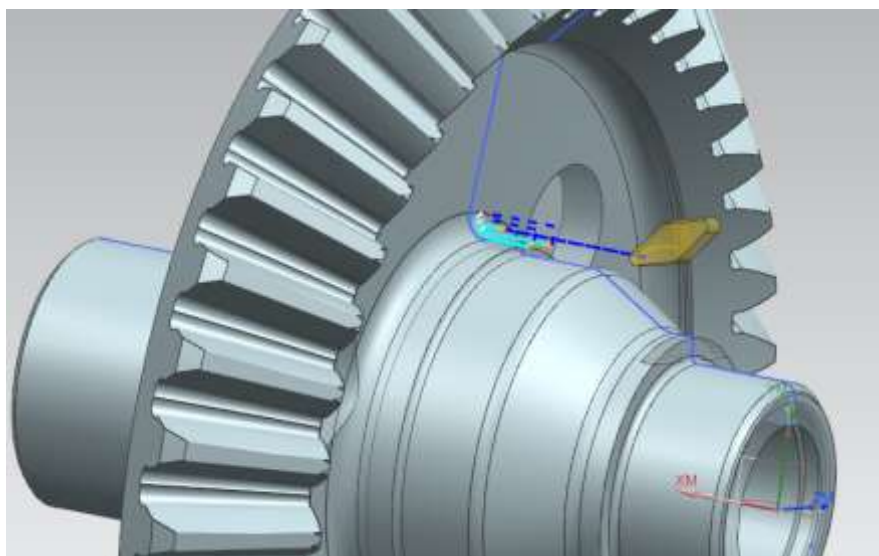


Рисунок 1.15 – Траєкторія та розташування інструменту у відношенні до деталі (перехід 1, оп. 065)

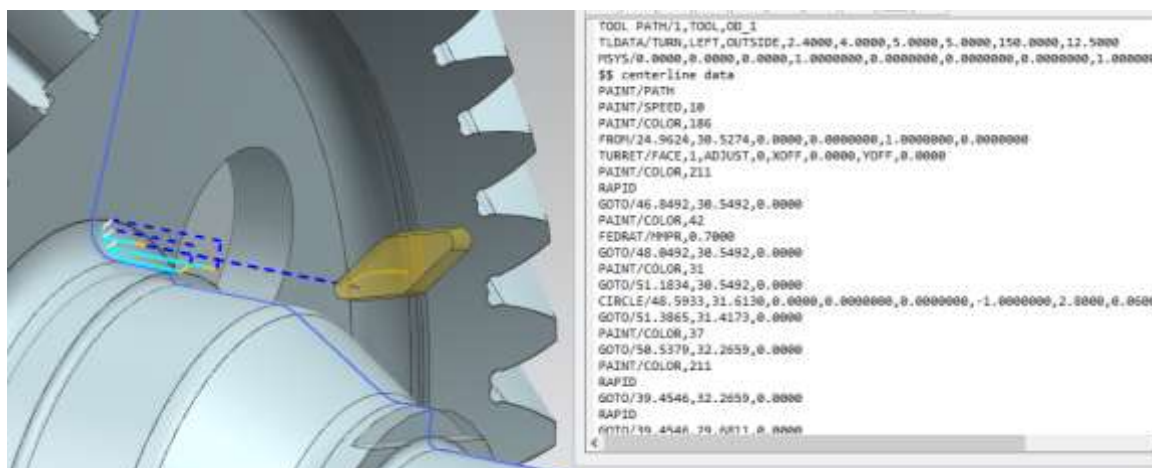


Рисунок 1.16 – Елемент управляючої програми 1 переходу операції 065

Перехід 2 та 3 – Розточування поверхні 2 на половину глибини наскрізного вісьового отвору та порожнини – пов. 3,4,5,6 (рис. 1.17-1.19). Використовується багатопрохідна обробка.

```

TOOL_PATH/ROUGH_PRCF_ID, TOOL_ID, 2
TIDATA/TURN, SURFAR, LEFT, OUTSIDE, 1.0000, 4.0000, 5.0000, 1.0000, 150.0000, 0.0000, 292.5000
RCPFL/0.0000, 0.0000, 0.0000, 1.00000000, 0.0000000, 0.0000000, 0.0000000, 1.0000000, 0.0000000
SS centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED, 10
PAINT/COLOR, 100
GOTO/-5.0000, 12.5000, 0.0000, 1.0000000, 0.0000000, 0.0000000
TURN/T/FACE, 2, ADJUST, 0, XOFF, 0.0000, YOFF, 0.0000
PAINT/COLOR, 211
RAPID
GOTO/-2.0000, 12.5150, 0.0000
PAINT/COLOR, 42
FEEDRAT/1000, 270.0000
GOTO/-1.0000, 12.5150, 0.0000
PAINT/COLOR, 31
GOTO/11.4510, 12.5150, 0.0000
PAINT/COLOR, 57
GOTO/11.4510, 11.5150, 0.0000
PAINT/COLOR, 100
RAPID
GOTO/-5.0000, 11.5000, 0.0000
PAINT/SPEED, 10
PAINT/TOOL, NDCR2
END-OF-PATH

```

Рисунок 1.17 – Управляюча програма 2 переходу операції 065

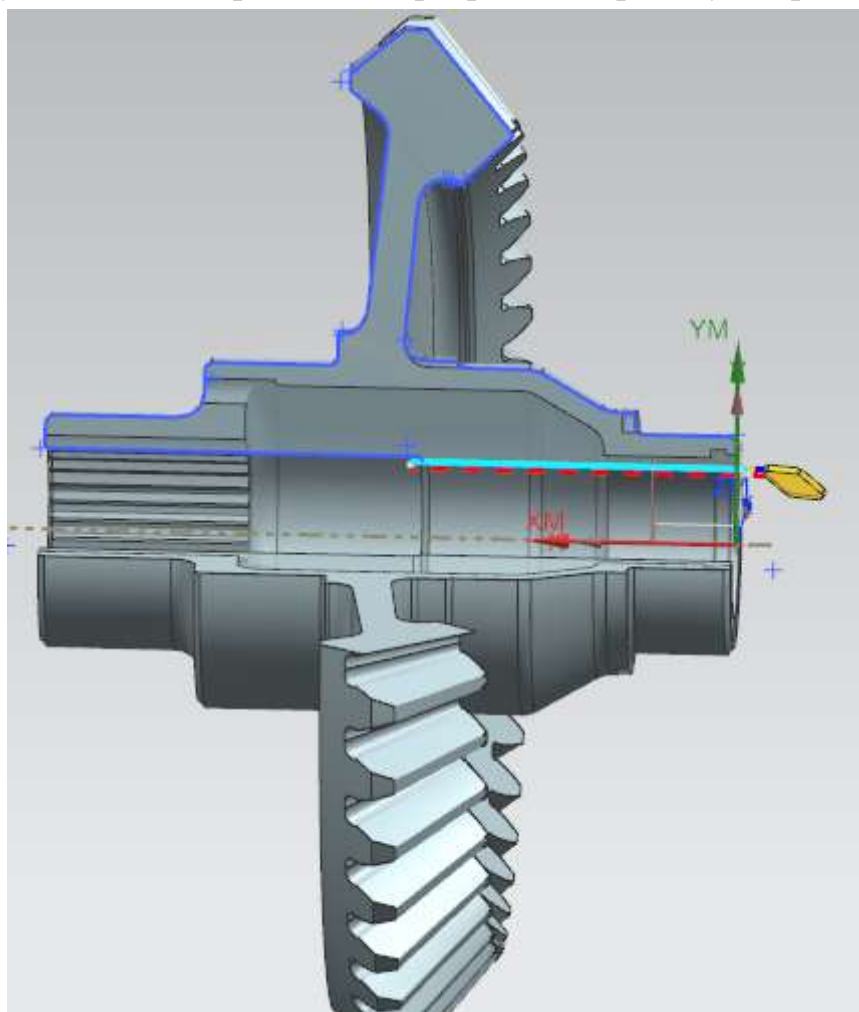


Рисунок 1.18 – Траєкторія та розташування інструменту у відношенні до деталі (перехід 2, оп. 065)

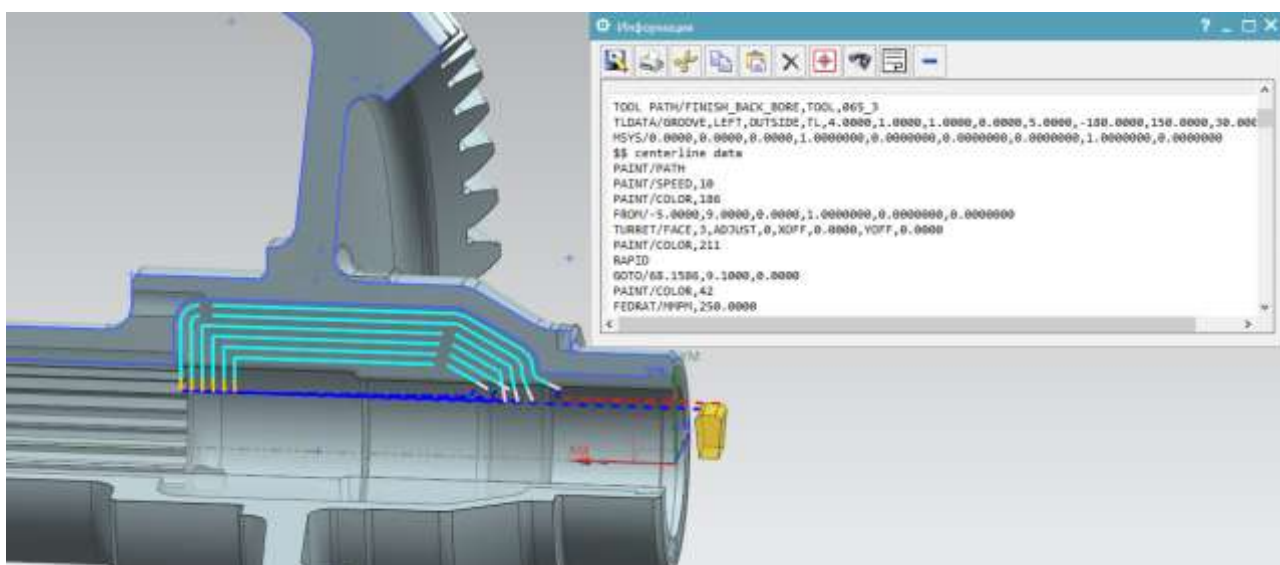


Рисунок 1.19 – Траєкторія та розташування інструменту, фрагмент управляючої програми (перехід 3, оп. 065)

Перехід 4 – Формування фаски 9 ($0,6 \times 30^\circ$) та внутрішнього кільцевого виступу 7 (рис. 1.20).

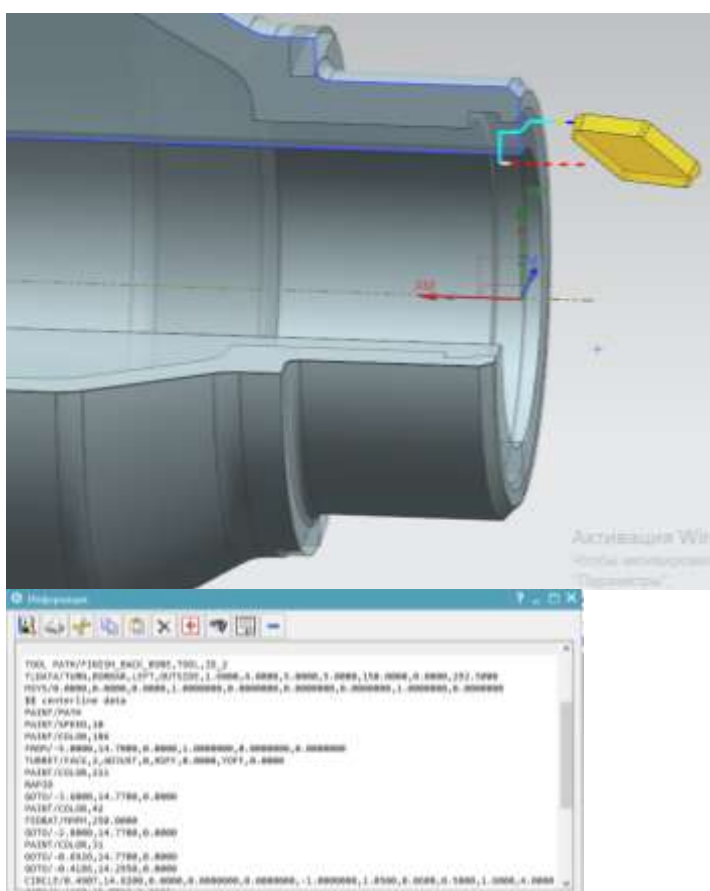


Рисунок 1.20 – Траєкторія та розташування розточного різця, фрагмент управляючої програми (перехід 4, оп. 065)

Перехід 5 – Розточування внутрішньої канавки 8 (рис. 1.21).

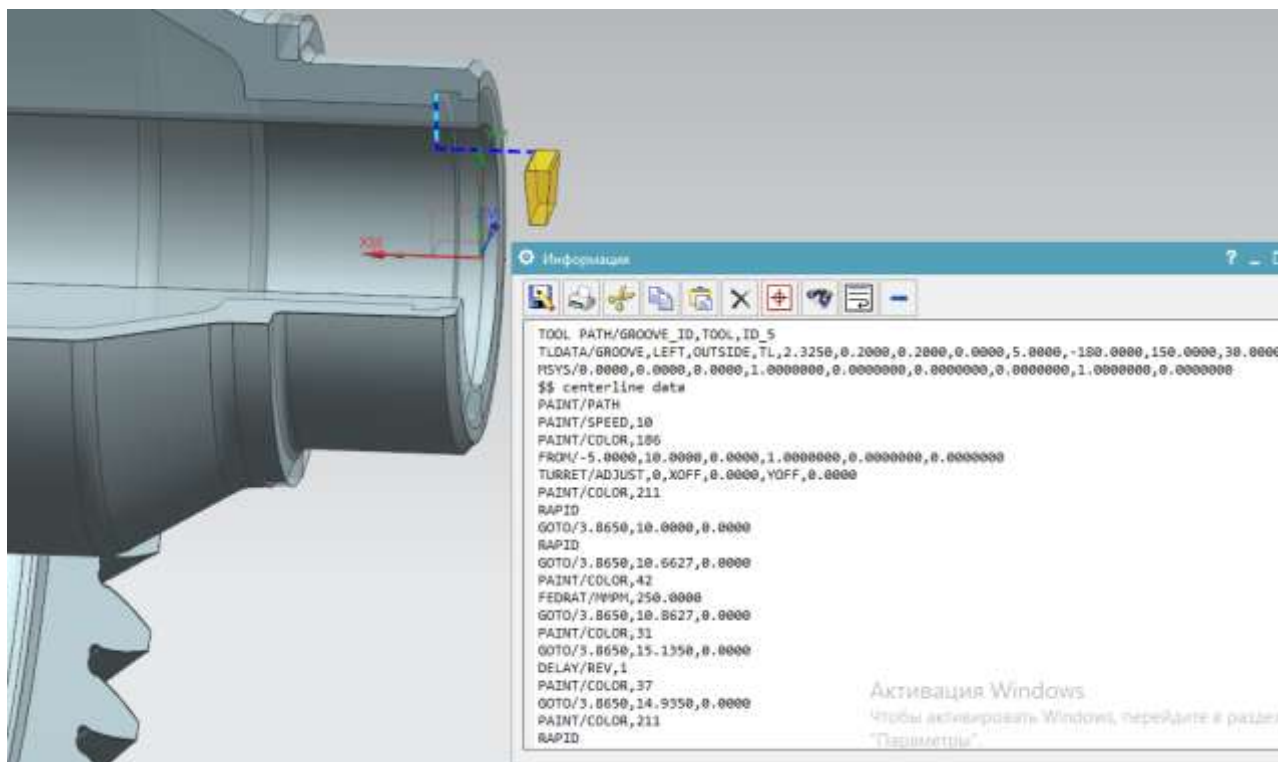


Рисунок 1.21 – Траскторія та розташування розточного канавочного різця, фрагмент управляючої програми (перехід 5, оп. 065)

1.7.2 Розробка свердлильної операції 070

На прикладі операції 070 розробимо управлячу програму (УП) для свердлення трьох наскрізних отворів, що розташовані під кутом 120° один до одного. Ескіз операції та графічні зображення основних етапів розробки УП цієї операції показано на рис.1.22-1.24.

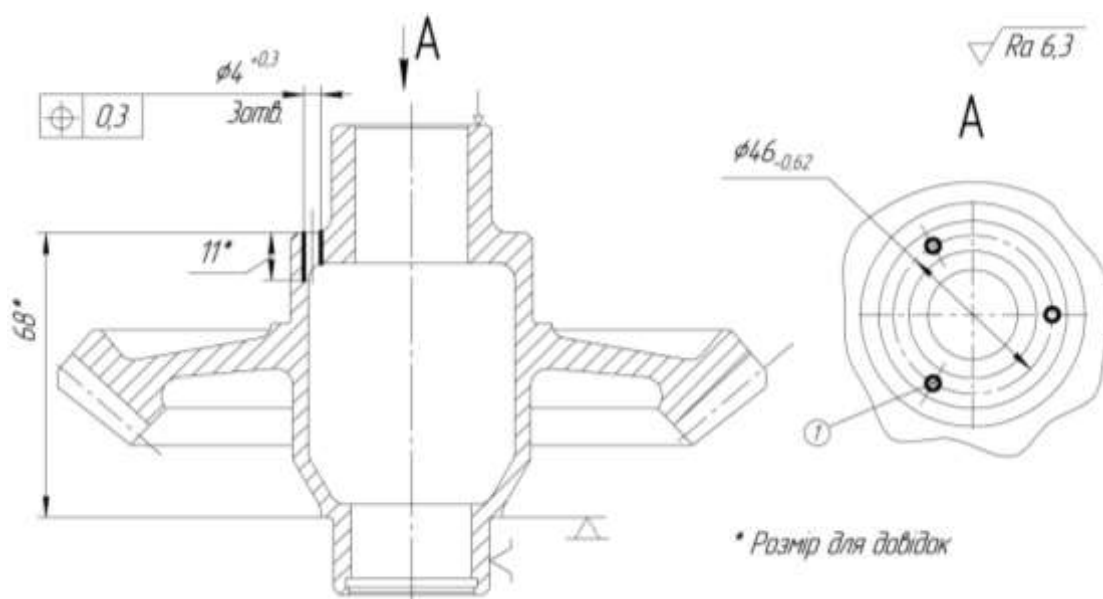


Рисунок 1.22 – Ескіз операції 070

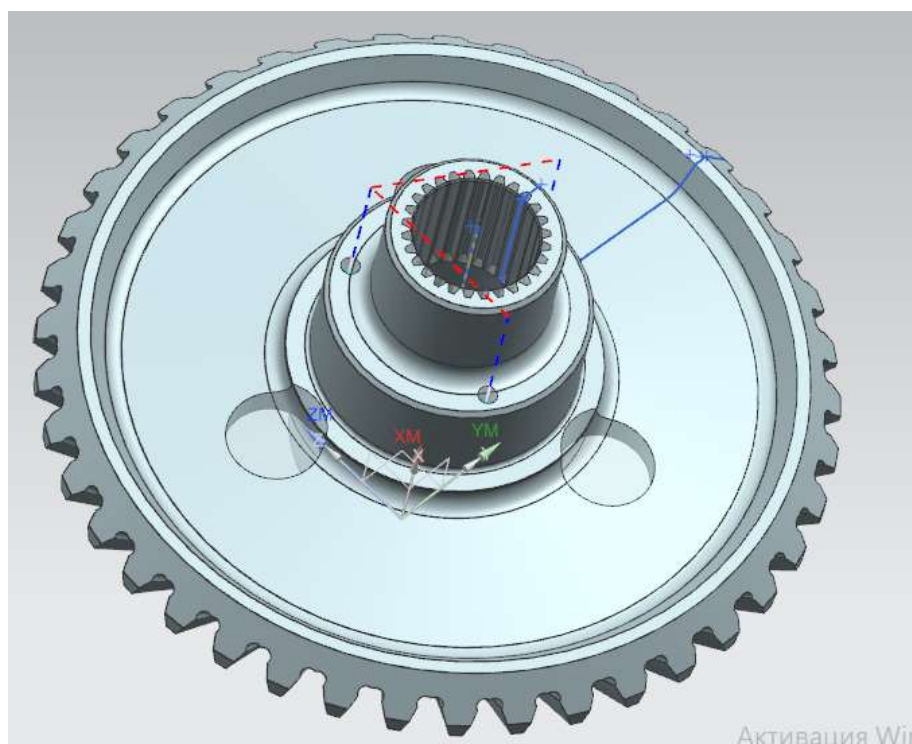


Рисунок 1.23 – Траєкторія руху свердла (оп. 070)

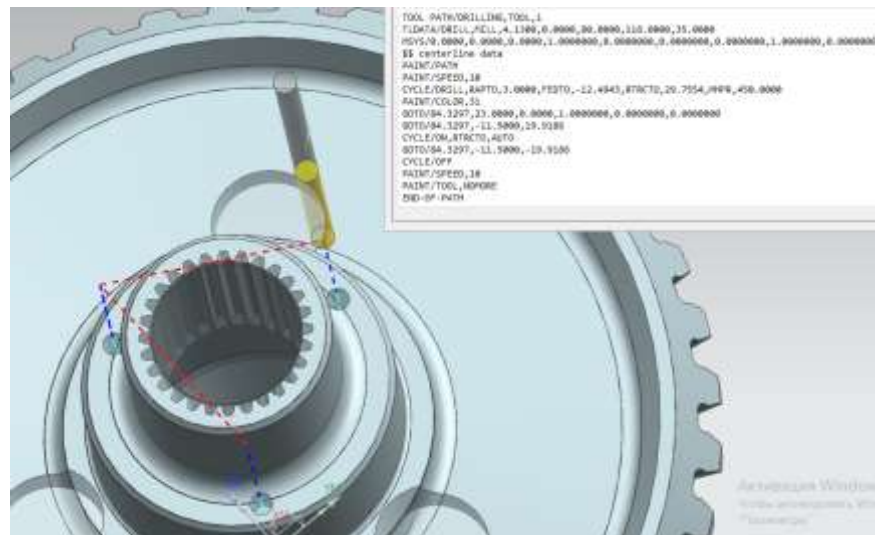


Рисунок 1.24 – Розташування свердла, управляюча програма (оп. 070)

1.7.2 Розробка фрезерної операції 085

На прикладі операції 085 розробимо управляючу програму (УП) для фрезерування двох, діаметрально розташованих, лисок. Ескіз операції та графічні зображення основних етапів розробки УП цієї операції показано на рис.1.25-1.27.

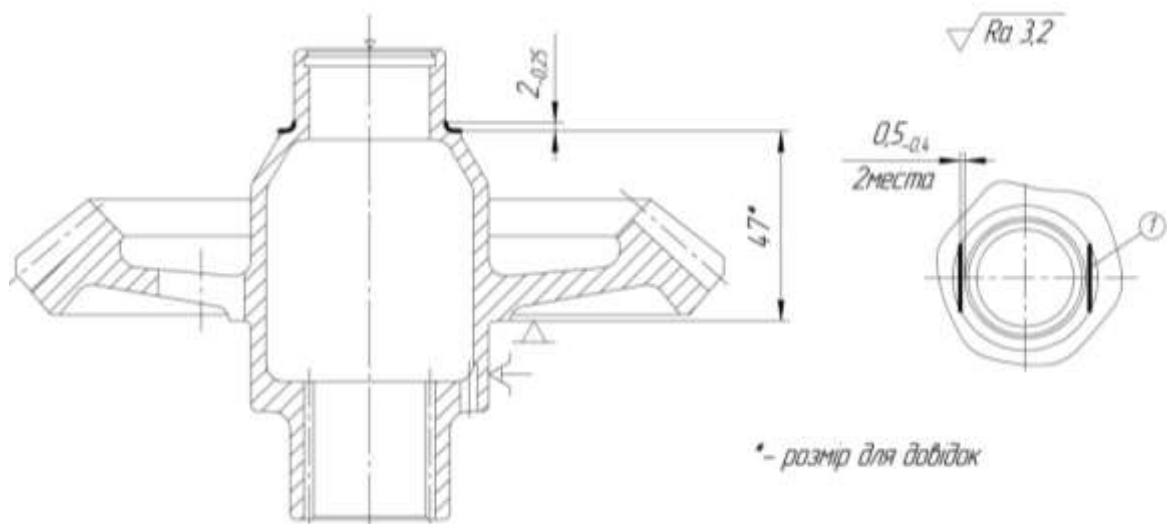


Рисунок 1.25 – Ескіз операції 085

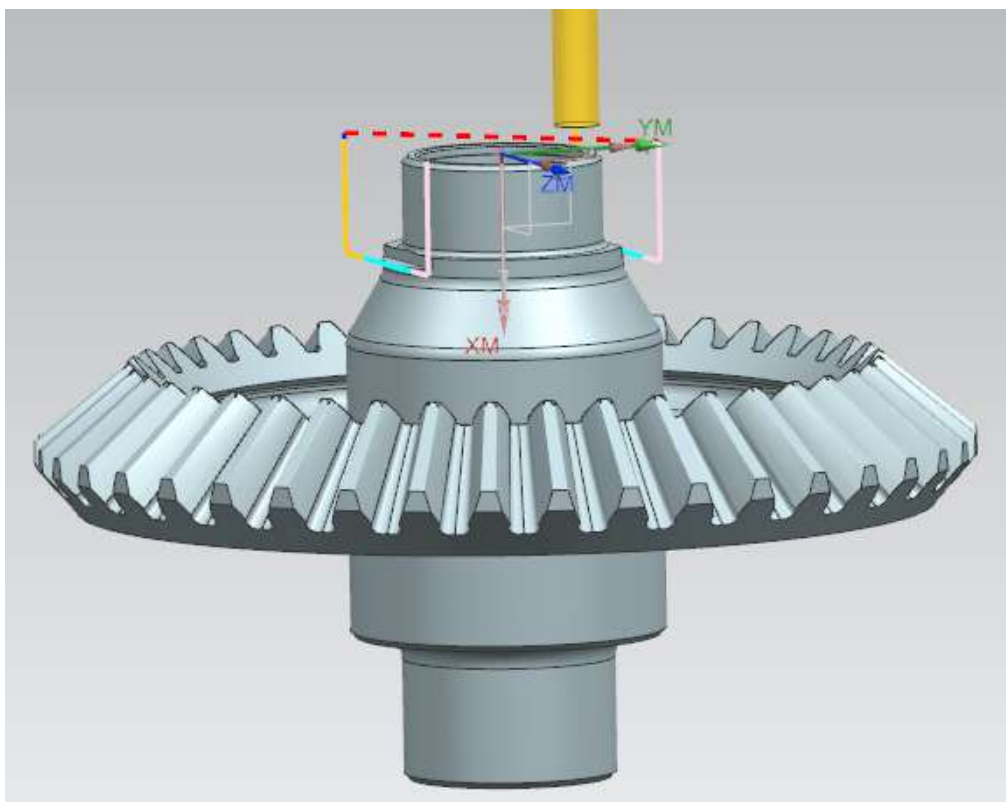


Рисунок 1.26 – Траєкторія руху кінцевої фрези (оп. 085)

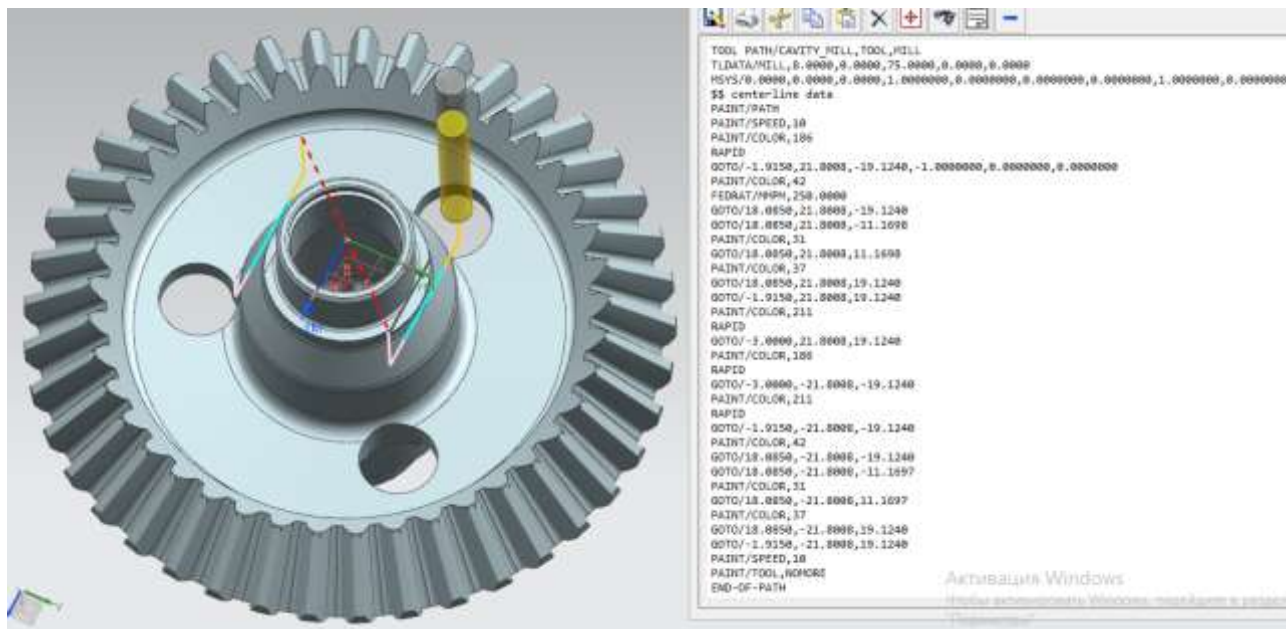


Рисунок 1.27 – Розташування кінцевої фрези, управляюча програма (оп. 070)

Використання верстатів з ЧПУ дає можливість скоротити час виконання операцій та частково їх автоматизувати.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання фрезерного пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи

Пристосування для фрезерування лисок складається з корпусу 2, до якого приєднано пневмоциліндр 1. Під час подачі стисненого повітря у верхній відділ пневмоциліндра 1 поршень 5 переміщує шток 4 вниз, який притискає оброблювану деталь за допомогою притискної плити 3. З подачею стисненого повітря в нижній відділ пневмоциліндра відбувається переміщення штока 4 вгору і відбувається вивільнення обробленої деталі в пристосуванні. Посадочна втулка 6 забезпечує точність базування деталі в пристосуванні, а застосування механізованого пневмоприводу дозволяє істотно скоротити допоміжний час виконуваної операції.

2.1.2 Розрахунок похибки базування

Похибка установки – різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір різального 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 $\varnothing 55h8_{-0,046}$.

Похибка базування:

$$\begin{aligned} S_{max} &= 55,54 - 55,454 = 0,086 \text{ мм} \\ \varepsilon_{баз} &= S_{max} / 2 = 0,086 / 2 = 0,043 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.2)$$

де S_{max} – максимальний зазор в з'єднанні з оправкою (посадковою втулкою).

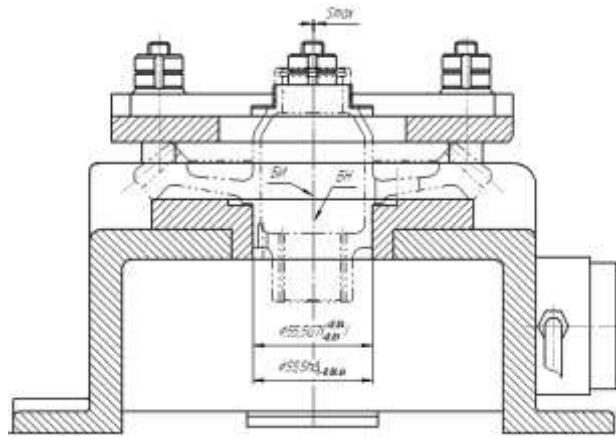


Рисунок 2.1 – Схема базування

Напряг сили затиску перпендикулярно розміру, тому отримуємо:

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

Похибка установки за формулою (2.1):

$$\epsilon_{\text{уст}} = 0,043 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

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

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

Визначення номінального розміру установка:

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

де $S = 3_{-0,006} \text{ мм}$;

$A = 0,5_{-0,4} \text{ мм}$.

Підставивши дані в формулу (2.4) отримаємо:

$$A_{\text{сп}} = A - TA/2 = 0,5 - 0,4/2 = 0,3 \text{ мм}$$

$$S_{\text{сп}} = S - TS/2 = 3 - 0,006/2 = 2,997 \text{ мм}$$

$$D_{cp} = D - TD/2 = 35,5 - 0,1/2 = 35,45 \text{ мм}$$

$$R_{cp} = D_{cp}/2 = 35,45/2 = 17,725 \text{ мм}$$

$$H_{уст} = 17,725 + 0,3 - 2,997 = 15,028 \approx 15,03 \text{ мм}$$

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 похибку базування;

$K_2 = 0,6 \dots 0,65$ - коефіцієнт, що враховує частку середньо-економічної точності обробки і не залежить від конструкції пристосування;

ω - середня економічна точність обробки.

$$TH_{уст} \leq 0,4 - (0,8 \cdot 0,043 + 0 + 0,6 \cdot 0,016) = 0,34 \rightarrow \pm 0,17 \text{ мм}$$

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

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

Виконавчий розмір установка $H_{уст} = 15,03 \pm 0,05$.

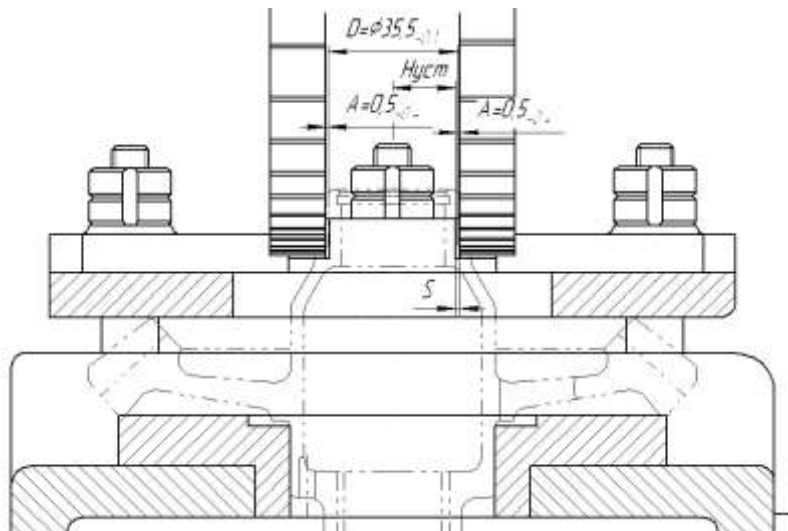


Рисунок 2.2 – Схема для розрахунку на точність

2.1.4 Розрахунок необхідного зусилля закріплення заготовки

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку і місця

прикладання сили (рис. 2.3, 2.4).

Дійсна сила затиску W з урахуванням коефіцієнта k дорівнює:

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

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

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

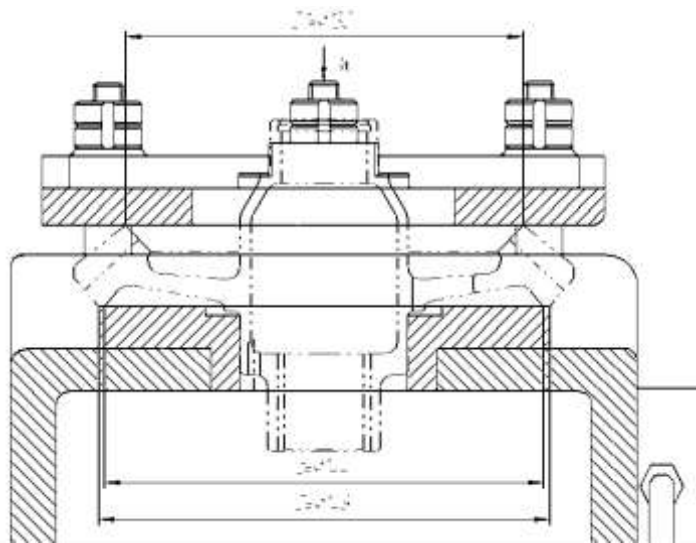


Рисунок 2.3 – Схема до визначення сили закріплення.

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

$$W_o = \frac{3 \cdot M_{pez} \cdot k}{f \left[\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right) \right]} \quad (2.9)$$

де $D=148$ мм, $d=144$ мм;

$D_1=130$ мм;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя.

Для забезпечення надійності 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 видаляемого при обробці 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.

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

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,056^{0,72} \cdot 0,5^1 \cdot 22}{125^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 0,95 = 213,5H;$$

Одночасно працюють дві фрези, тому сила різання дорівнює:

$$P_z = 2 \cdot 213,5 = 427H$$

Момент різання:

$$M_{рез} = LP_z \quad (2.13)$$

$$M = 427 \cdot \frac{0,042}{2} = 8,9H_m$$

$$W_o = \frac{3 \cdot 8,9 \cdot 2,58}{0,15 \left[\left(\frac{0,148^3 - 0,144^3}{0,148^2 - 0,144^2} \right) + \left(\frac{0,13^3 - 0}{0,13^2 - 0} \right) \right]} = 1377,7H$$

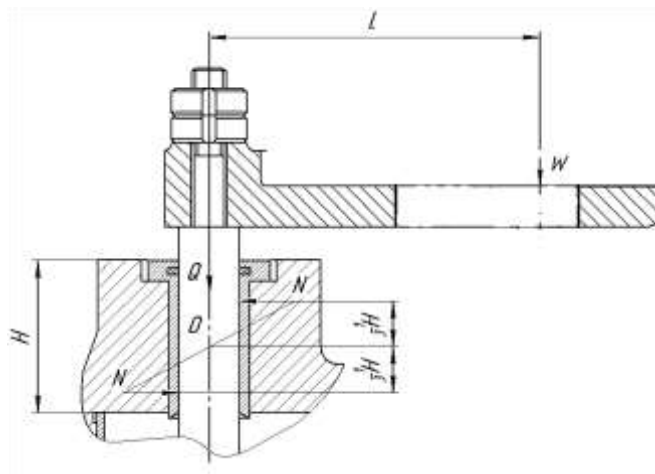


Рисунок 2.4 – Схема до визначення сили на штоці

Відповідно до наведеної схеми (рис. 2.4) проводимо розрахунок сили 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:

$$\begin{aligned} F &= 2Tf \\ N &= \frac{F}{2f} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{3Wlf}{H} \\
 W &= Q - F \\
 Q &= W + F = W + \frac{3Wlf}{H} = W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right) \\
 Q &= W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right) = 1377,7 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 116 \cdot 0,15}{45} \right) = 2975H
 \end{aligned} \tag{2.14}$$

2.1.5 Вибір затискного 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, порівняно великі габарити.

Мінімальний діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 2975}{3,14 \cdot 100}} = 9,2 \text{ мм} \tag{2.15}$$

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

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

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi}} + d^2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2975}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} + 25^2 = 73,7 \text{ мм} \Rightarrow 80 \text{ мм} \tag{2.16}$$

де $p=0,4$ МПа – тиск повітря в пневмосистемі;

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

Діаметр шпильок кришки:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{z\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2975 \cdot 2,25}{6 \cdot 3,14 \cdot 100}} = 2,4 \text{ мм} \Rightarrow M10 \tag{2.17}$$

Розмір розкриття затискних елементів:

$$h=S1+S2+\delta+\Delta \quad (2.18)$$

де $S1 = 54$ мм – конструктивний зазор, дозволяє встановлювати і знімати заготовку;

$S2 = 3$ мм – додатковий зазор, який гарантує зручність установки і зняття заготовки;

$\delta = 0,2$ мм – додатковий зазор, що компенсує похибку розміру заготовки в межах допуску;

$\Delta = 0,6$ мм – додатковий зазор, що компенсує пружні деформації в конструкції пристосування, викликані додатком сили затиску заготовки, визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{Q}{J} = \frac{2975}{2000} = 1,5_{\text{мм}} \quad (2.19)$$

де $J=2$ кН/мм – жорсткість вузла закріплення заготовки.

$$h=54+3+0,2+1,5=58,7\text{мм}$$

Приймаємо пневмоциліндр 7020-0191 з діаметром поршня 80 мм, мінімальним діаметром штока 25 мм, діаметром шпильок М10, діаметром різі на штоці М16 і ходом поршня 60 мм.

2.1.6 Розрахунок пристосування на міцність

Найбільш навантаженою деталлю в пристосуванні є шток, а саме мінімальний його перетин в різьбовій частині М16 на кінці штока. Перевіримо його на розтягнення.

Умови міцності по напруженням розтягнення:

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

де Q – зусилля на штоку;

$d_2 = 13,835$ мм – діаметр западин різьблення болта;

$[\sigma] = 200$ МПа - допустиме напруження на розтягування для сталі 40Х.

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot 4 \cdot 2975}{13,835^2 \cdot 3,14} = 29\text{МПа} < [\sigma] = 200\text{МПа}$$

Умова міцності виконується.

2.2 Контрольне пристосування

2.2.1 Принцип роботи

Деталь встановлюється в центри, ніжку індикаторного годинника – на контрольовану поверхню $\varnothing 35$. При плавному обертанні деталі в центрах знімаються показання радіального биття на індикаторному годиннику.

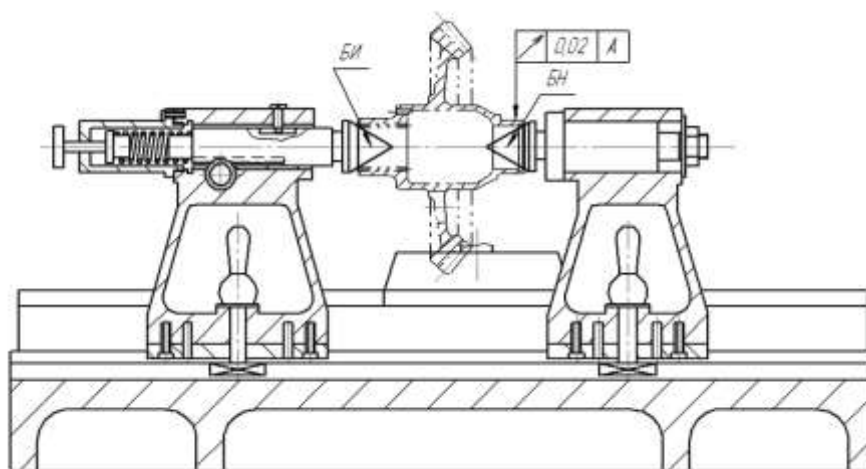


Рисунок 2.5 - Схема базування

2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання (ЗВ) починають з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійностних характеристик, які він повинен мати.

Допустиму сумарну похибку вимірювання контрольно-вимірювального пристосування (КВП) знаходять як частину допуску контрольованого 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.

$$|\delta_B| = 0,35 \cdot 20 = 7 \text{ мкм}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 (СТ СЭВ 303-76) рекомендується прийняти $|\delta_B| = 10$ 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 $\Delta_{IH} = 1$ 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:

$$[A] = 4 \cdot IT = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм} \quad (2.23)$$

Межа вимірювань B засобу (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $|B| = 1$ мм.

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

$$t(P) = 2 \cdot 10000 = 20000 \text{ циклів}$$

Ймовірністю 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_{ум} \leq P_{ум} $
$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 $	$\zeta \leq \zeta $

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

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

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

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

Інші ЗВ мають надлишкову точністю і меншою надійність. Тому для розроблюваного контрольного пристосування найбільш підходящим вважаємо індикатор годинникового типу моделі ІЧ-10 (клас точності - І, ГОСТ 577-68).

Габаритні розміри індикатора: $l \times d \times b = 108 \times 56 \times 24$, маса - 0,2 кг, стандарт на перевірку обговорений інструкцією 141-55. Накінечник 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 співпадають);

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

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

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

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

$\Delta_{py} = 0$ – похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів;

$\Delta_{pn} = 0$ – похибка від непропорційного переміщення плечей важелів;

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

Δ_{pn} – похибка прямої передачі:

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

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

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

$\varepsilon_{CI} = 0,001$ 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 ДРОБЛЕННЯ ЗЛИВНОЇ СТРУЖКИ

У процесі виробничої діяльності машинобудівних підприємств утворюється велика кількість різноманітних відходів, багато з яких є цінною вторинною сировиною. Рішення задач ресурсозбереження вимагає включення відходів в технологічний цикл підприємства, дозволяє збільшити рентабельність виробництва, знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище, що актуально в умовах виснаження запасів природних ресурсів, особливо металів і сплавів, широко використовуваних в машинобудуванні [10].

Цінним видом відходів є металева стружка, що утворюється при механообробленні в великих обсягах. На заводі середньої величини її кількість може становити близько 18-20 тис. т на рік.

Незважаючи на те що зливна стружка характеризує раціональні умови різання металу, вона разом з тим представляє велику небезпеку для робочого, Сходячи суцільною стрічкою і маючи пилкоподібні краї, така стружка може заподіяти серйозну травму токарю у вигляді глибоких порізів. Іноді вона згортається в клубок, обмотує заготовку, різцетримач, рукоятки управління супортом, створюючи цим великі незручності з управління верстатом. Крім того, зливна стружка захаращує робоче місце і незручна для транспортування [11].

Особливої актуальності задача управління процесом стружкодроблення набуває при обробці виробів на автоматичних верстатах, верстатах з ЧПУ і використанні маніпуляторів.

Для отримання транспортабельної форми стружки у вигляді окремих шматочків, сегментів, кілець, коротких завитків або суцільної пружини застосовують спеціальні способи стружкозавівання і стружколомання. Зазвичай для цього на передній поверхні різця на шляху сходу стружки створюють спеціальні перешкоди у вигляді лунок, канавок, сферичних виступів або заглиблень уздовж ріжучої кромки, а також накладних нерегульованих уступів і регульованих стружколомів.

В автоматизованому виробництві застосовують також кінематичний спосіб дроблення стружки, різні види переривчастої (дискретної) подачі. Цей спосіб дає можливість отримувати бажану за формою і розмірами стружку незалежно від режимів різання і геометрії ріжучого інструменту шляхом періодичної зупинки або відведення інструменту від поверхні різання [12].

Найбільш часто використовуються схеми обробки з наступними видами дискретної подачі інструменту (рис.3.1): з короткочасною зупинкою —

рекомендується при обробці малопластичних матеріалів на чорнових та получистових операціях і з відведенням під кутом – рекомендується при обробці в'язких матеріалів. Крім цих варіантів, знаходить застосування дискретна подача з відведенням по векторному трикутнику – рекомендується при обробці складнопрофільних (фасонних) поверхонь; з відведенням по колу – для чистових операцій.

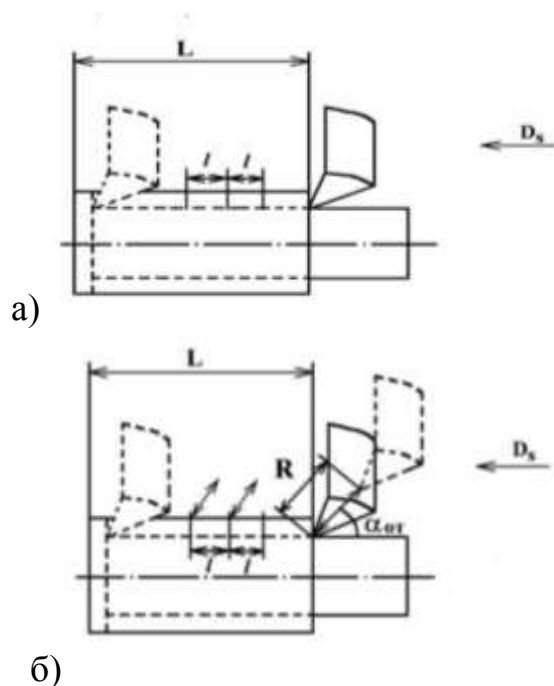


Рисунок 3.1 – Способи кінематичного дроблення стружки: з короткочасною зупинкою (а); з відведенням під кутом (б)

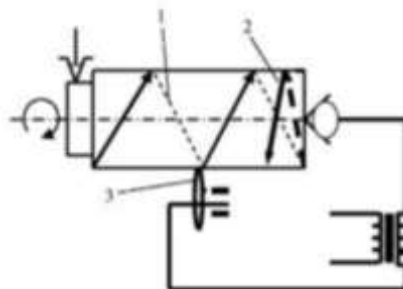
Дискретна подача з короткочасною періодичною зупинкою характеризується тим, що через певну відстань l , як правило, більше величини подачі S , проводиться короткочасний «останов» інструменту протягом заданого проміжку часу t . На верстатах з ЧПУ програмування обраного виду дискретної подачі здійснюється на етапі розробки керуючої програми. Основні недоліки цього способу пов'язані зі збільшенням шорсткості Ra обробленої поверхні і часу на обробку деталі.

Цей метод трохи знижує стійкість інструменту і вимагає застосування спеціальних пристроїв, вбудованих в механізм подачі верстата, що ускладнює його конструкцію.

До найбільш ефективних методів, що дозволяє надійно управляти процесом дроблення зливний стружки при чистової і напівчистової обробки, відносяться методи попереднього локального термічного впливу, криогенного впливу і пластичного впливу, що здійснюються на зовнішній поверхні зрізаного

шару [13].

Особливістю процесу точіння заготовок після застосування попереднього локального термічного впливу є періодична зміна умов різання в зонах термічного впливу в порівнянні з вихідним матеріалом. Схема практичної реалізації методу нанесення локальної метастабільності на оброблюваний матеріал термічним способом впливу представлена на рис. 3.2



- 1 – слід локального впливу; 2 – слід площини різання;
3 – пристрій локального впливу

Рисунок 3.2 - Схема термічного нанесення локальної метастабільності на поверхню заготовки

Створювана на оброблюваній поверхні заготовки по спеціально заданій траєкторії локальна метастабільність в області передбачуваного припуску, що зрізується, матеріалу з глибиною і шириною впливу h та b призводить до локальних змін структури матеріалу і утворення пружно-дисипативних властивостей, відмінних від основного матеріалу [10].

При використанні методу попереднього локального криогенного впливу ріжуча кромка інструменту в площині різання перетинається із зоною локального вакуумного впливу, яка, перебуваючи в метастабільному стані у порівнянні з основним металом, створює миттєве зміна напружено-деформованого стану з наступним відділенням відрізків стружки від оброблюваного матеріалу.

Розглянуті методи забезпечують можливість автоматизації і управління процесом стружкодроблення при механічній лезвійній обробці на верстатах-автоматах і верстатах з ЧПУ в широкому діапазоні матеріалів і режимів різання.

Також запропоновано введення на слюсарному переході (видалення задирок) для зубчастого колеса використання щіткових полімерно-абразивних інструментів, які також дають мілку стружку, зокрема, при обробці зубчастої частини [19] з торців та основних евольвентних поверхонь зубців.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Розглянемо потенційні небезпеки, що можуть виникнути в процесі технологічної обробки деталей. Відповідно до класифікації «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори» фактори виробничого процесу, в залежності від впливу на організм людини поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Розглянемо, які небезпеки є потенційно можливими в процесі виготовлення конічного зубчастого колеса.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Фізичні фактори:

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

- механічні травми, що виникають внаслідок наявності в цеху рухомих машин і механізмів, рухомих частин виробничого обладнання, заготовок, матеріалів, а також конструкцій, що руйнуються;

- захаращення заготівками і деталями робочого місця;

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

- пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорсткістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць;

- незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання;

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

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

До психофізіологічних небезпек відносяться:

- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

- довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;

- 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;

- підвищена напруга зору та уваги, інтелектуальні навантаження, тривалі статичні навантаження, монотонність праці при роботі.

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

Небезпеки що пов'язані з незадовільною професійною підготовкою фахівців, зокрема виникнення аварійних ситуацій при неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, виконанні хибних дій у приміщенні з обладнанням, що може призвести до руйнування обладнання та тяжких випадків травматизму.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Під час прийому на роботу представник служби охорони праці проводить вступний інструктаж з усіма особами, що прибули на підприємство. На робочому місці безпосередній керівник проводить спочатку первинний, а потім і повторний, позаплановий інструктажі. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не

створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». 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).

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Заборонні знаки мають форму кола, по периметру якого є широка червона смуга, а біле поле з нанесеним чорною фарбою відповідним символом перекреслюється червоною смугою такої самої ширини. Жовтий колір означає

попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, відкриті рухомі частини обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для зобов'язувальних і вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут».

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

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

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

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

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

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I класу, оскільки має подвійну

ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків 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 заземлені 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 дільниці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

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

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового

аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

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

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

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

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»).

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

важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

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

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

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

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

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

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

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

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з

ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

4.4. Шум, вплив на людину і методи захисту

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

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

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

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

називають інфразвуком, понад 20000Гц - ультразвуком.

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

Рекомендовані такі діапазони шуму для приміщень різного призначення:

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

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

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

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

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

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

До засобів індивідуального захисту відносять навушники, заглушки для вух.

4.5 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки на механічній 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, 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 – II.

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

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

після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем 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 захищеному 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).

4.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації техногенного характеру: аварії та катастрофи.

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

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

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

зона відчуження Чорнобильської АЕС понад 1.1 млрд. м³ радіоактивних відходів.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Характерними для України є також селеві процеси (в містах і районах

Карпат і Криму), посухи, циклони, пилові бурі.

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

У якості висновків можна сказати наступне.

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

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

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

5 РОЗРАХУНОК ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДУЛЯ NX

Для цього розрахунку необхідно створити твердотільну модель деталі (рис.5.1).



Рисунок 5.1 – Повнорозмірна 3D-модель конічного зубчатого колеса

Наступним кроком є розбиття моделі на скінченні елементи вільною сіткою (рис.5.2).

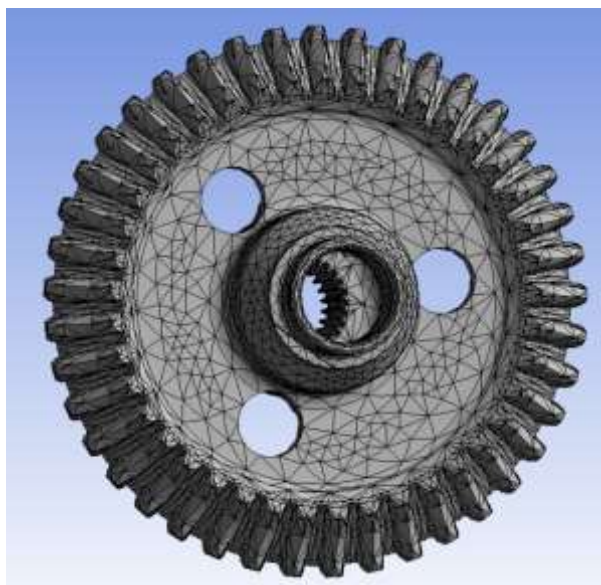


Рисунок 5.2 – Сітка скінченних елементів

Головна функція зубчатого колеса – це передача крутного моменту.

Конструктивні елементи, що приймають участь в передачі – це внутрішні шліці, по яких деталь базуються на валу, та зубці зубчатого зачеплення. Закріплюємо модель за внутрішні шліці. Навантажуємо зубці, що знаходяться в зачепленні одночасно (рис 5.3). Їх суму будемо враховувати, як сумарне навантаження σ_0 . Задаємо властивості матеріалу ($E=2 \cdot 10^5$ МПа, $\mu=0,3$).

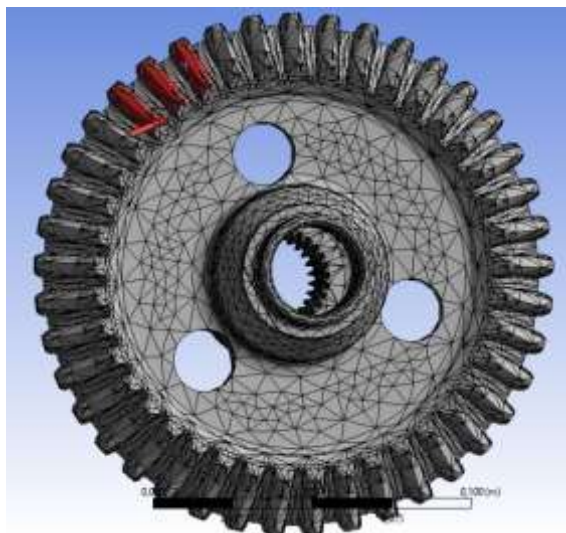


Рисунок 5.3 – Навантаження колеса та граничні умови

Після розрахунку достатньо зробити візуалізацію у вигляді графічного зображення розподілення напружень в моделі (рис. 5.4). Це дає змогу визначити місце розташування небезпечного перерізу і максимальних напружень в моделі.

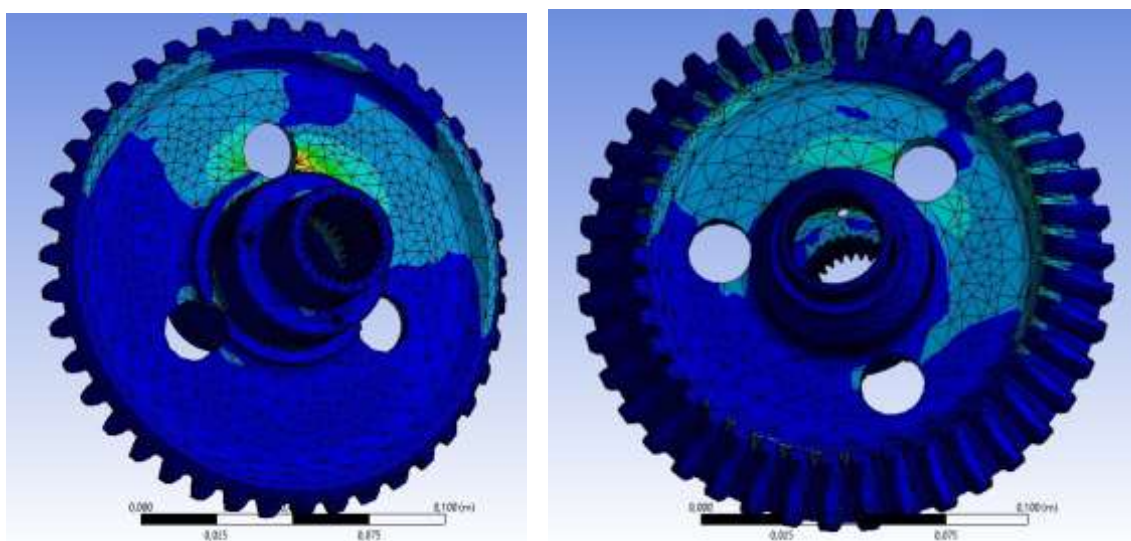


Рисунок 5.4 – Розподіл напружень в моделі з обох боків при навантаженні $\sigma_0=30$ МПа (максимальне напруження $\sigma_{max}=104$ МПа)

Необхідно розрахувати обмежувальні значення навантаження на колесо, які забезпечать достатній запас міцності за напруженнями. Коефіцієнт запасу задано в діапазоні $N_\sigma=2\dots3$, приймаємо допустиме значення – границя міцності матеріалу деталі $\sigma_\sigma=1076$ МПа.

Для отримання залежності $\sigma_{\max}=f_1(\sigma_0)$ проводимо 3 розрахунки з вихідним навантаженням 30, 100, 180 МПа. Отримані результати заведемо в таблицю 5.1 та графік (рис. 5.5).

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку на міцність зубчатого колеса

№, дослід	Початкове навантаження σ_0 , МПа	Максимальне напруження $\sigma_{\max}$, МПа	Коефіцієнт запасу міцності
1	30	104	10,3
2	100	592	1,8
3	180	1119	0,96

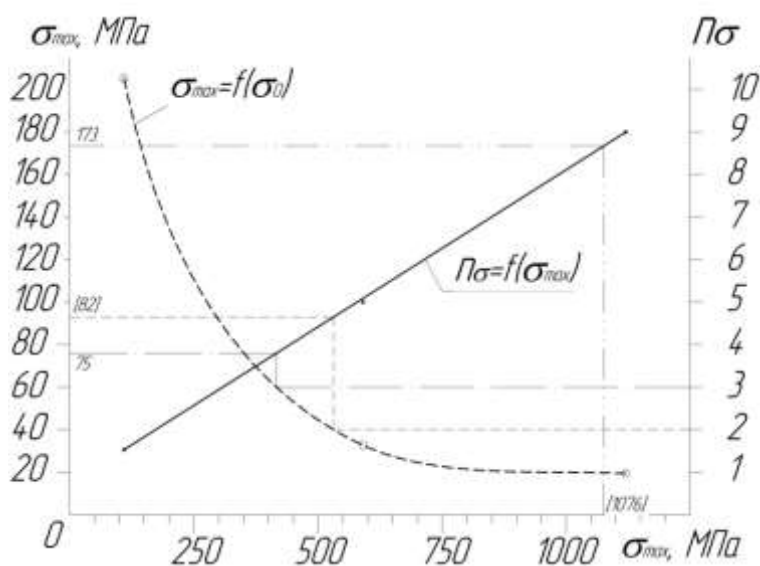


Рисунок 5.5 – Взаємозалежності навантаження, максимальних напружень та коефіцієнту запасу міцності

Розраховуємо коефіцієнт запасу по міцності. Обмежувальним параметром є границя міцності $\sigma_\sigma=1076$ МПа.

$$n_\sigma = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{\max}} \quad (5.1)$$

$$n_{\sigma 1} = \frac{1076}{104} = 10,3$$

$$n_{\sigma 2} = \frac{1076}{592} = 1,8$$

$$n_{\sigma 3} = \frac{1076}{1119} = 0,96$$

Об'єднаємо залежності $\sigma_{max} = f_1(\sigma_0)$ та $n_{\sigma} = f_2(\sigma_{max})$ в один складний графік на рисунку 5.5. За його допомогою можна визначити допустимі значення навантаження для забезпечення запасу міцності від 2 до 3. Ці значення складають $\sigma_0 = 75 \dots 82$ МПа при максимальному напруженні в небезпечному перерізі $\sigma_{max} = 360 \dots 540$ МПа. Тобто для нормальної роботи в номінальному режимі навантаження не можна піднімати більше, ніж 82 МПа.

Також можна визначити граничне руйнівне навантаження на деталь, при якому максимальне напруження досягне границі міцності 1076 МПа (запас міцності при цьому 1); воно дорівнює $[\sigma_0] = 173$ МПа. При перевищенні цього значення деталь буде перевантажено, що приведе до появи тріщин в небезпечному перерізі та початку руйнування. В результаті проведеного розрахунку можна зробити наступний висновок: для забезпечення стабільної безпечної роботи зубчастого колеса навантаження повинно бути в межах 75...82 МПа. Аварійне значення навантаження складає 173 МПа.

6 СПЕЦЗАВДАННЯ. ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПАКЕТІВ ADEM ТА NX ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ УП ВЕРСТАТІВ З ЧПУ

6.1 Загальні відомості

Система автоматизованого проектування (САПР) – це система [14], призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування [15]. Реалізується на базі спеціального програмного забезпечення, автоматизованих банків даних, широкого набору периферійних пристроїв.

САПР виконує такі функції: конструкторська та технологічна частина, архітектурно-будівельна та кошторисна частина, санітарно-технічні та електротехнічні системи, гідротехнічні спорудження, системи автоматизації.

В даний час системи автоматизованого проектування є не просто конкурентною перевагою, а необхідною умовою конкурентоспроможності підприємств. На сьогоднішній день існує велика кількість компаній, що займаються постачанням програмного забезпечення для конструювання і проектування (САПР – CAD/CAE/CAM), автоматизованих систем технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), електронних архівів і управління конструкторсько-технологічною інформацією (PDM), підтримки життєвого циклу виробів (PLM).

Система автоматизованого проектування являє собою комплекс програмних, технічних, технологічних та інформаційних засобів, а також проектно-конструкторську документацію і персонал системи, призначений для автоматизації процесів проектування. Системи автоматизації проектування включають в себе системи інженерної графіки (CAD), системи інженерних розрахунків (CAE), системи автоматизації підготовки та управління виробництва (CAM). CAD-системи (Computer-aided design) призначені для вирішення конструкторських задач і оформлення конструкторської документації. В сучасні CAD-системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції та оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей тощо).

CAE-системи (computer-aided engineering) – це клас систем, кожна з яких дозволяє вирішувати певну розрахункову задачу, починаючи від розрахунків на міцність, аналізу і моделювання теплових процесів до розрахунків гідравлічних

систем і машин, розрахунків процесів лиття. У CAE-системах також використовується тривимірна модель виробу, створена в системі CAD.

CAM-системи (computer-aided manufacturing) призначені для проектування процесу обробки деталей на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ) і генерування програм для цих верстатів. В даний час CAM-системи є одним з основних способів виготовлення складнопрофільних деталей і скорочення циклу їх виробництва. У CAM-системах використовується тривимірна модель деталі, створена в CAD-системі.

Традиційно проводиться умовний розподіл CAD/CAM/CAE-систем на системи верхнього (наприклад, Unigraphics), середнього (наприклад, Solid Edge) і нижнього рівня (наприклад, AutoCAD).

Основні критерії вибору систем:

- функціональні можливості;
- наявність унікальних функцій;
- вартість;
- простота інтерфейсу і легкість навчання.

У ситуаціях, коли компаніям стає недостатньо систем CAD, CAM і CAE і потрібні засоби керування даними та організації колективної роботи, проводять закупівлю і установку систем класу PDM і PLM. PDM (product data management – управління даними про виріб) – це система, що управляє всією сукупністю даних про виріб, включаючи процеси конструювання, виробництва, експлуатації та утилізації, і надає коректні дані всім користувачам і промисловим інформаційним системам по мірі необхідності.

PLM-системи (Product Lifecycle Management) – це комплексні системи, засновані на управлінні життєвим циклом виробів. PLM-рішення дозволяють створити єдину повномасштабну середу управління підприємством і підтримки життєвого циклу виробу.

6.2 ADEM та NX – програми для автоматизації процесу проектної конструкторсько-технологічної підготовки виробництва

ADEM – Automated Design, Engineering & Manufacturing (автоматизоване проектування, розрахунок і виготовлення). Основним напрямком діяльності групи компаній ADEM є автоматизація проектної конструкторсько-технологічної підготовки виробництва і управління інженерними даними на базі сучасних програмно-технічних комплексів.

Даний програмний продукт дозволяє автоматизувати наступні види робіт:

- об'ємне і плоске моделювання та проектування;
- оформлення проектно-конструкторської та технологічної документації;
- проектування технологічних процесів;
- аналіз технологічності і нормування проекту;
- програмування обладнання з ЧПУ (фрезерне, токарне, свердлильне, електро-ерозійне, лазерне тощо);
- ведення архівів документів;
- реновацію знань (робота зі сканованими кресленнями і старими програмами ЧПУ);
- підготовку актуальних даних для MES і ERP систем.

ADEM має простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс роботи, легкий у використанні. Тому був використаний для автоматизованої розробки УП даної токарної операції з ЧПУ.

6.3 Автоматизація робіт з технологічної підготовки виконання токарної операції 030

Розробка даної операції виконується в наступній послідовності.

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

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

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

4) Переходимо в модуль САМ. 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 який 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" виконуємо розрахунок траєкторії руху інструментів, після чого програма виконає її прорисовку (рис. 6.1 - 6.2).

7) Для перегляду руху інструментів і симуляції видалення стружки запускаємо команду "Моделювання".

8) За допомогою команди "Адаптер" виконуємо 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 кожного установу обробку виконують чотири інструменти, програма тричі враховує цей час.

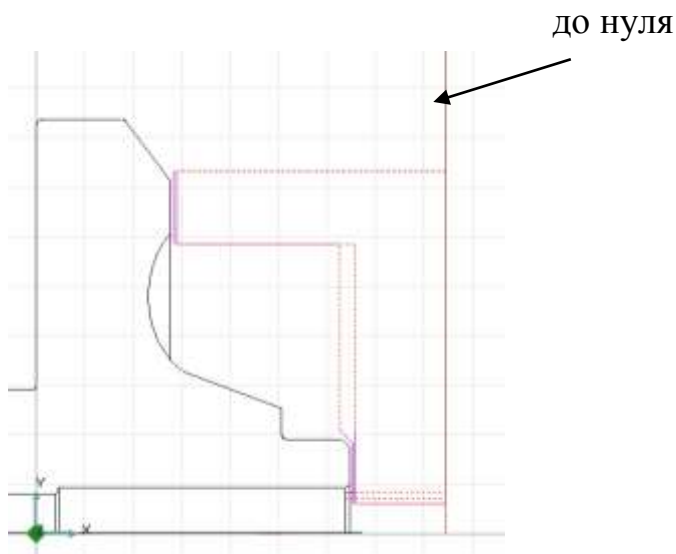


Рисунок 6.1 - Траєкторія руху інструментів для установка 1

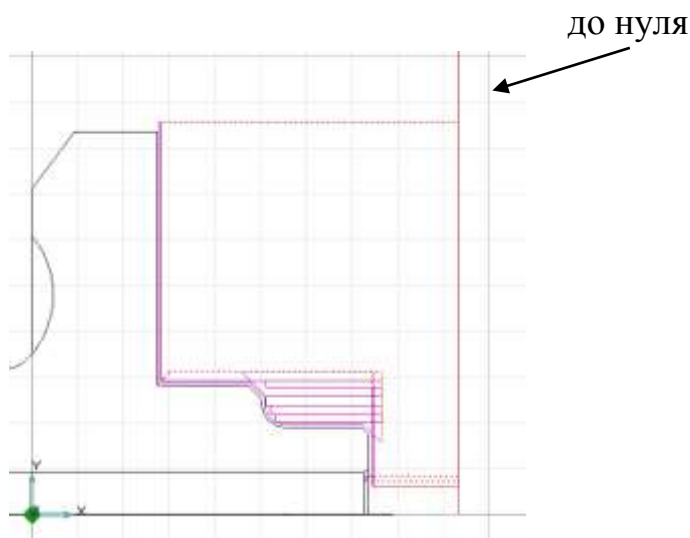


Рисунок 6.2 - Траєкторія руху інструментів для установка 2

Для того щоб порівняти розрахований основний час (п.1.6) з основним часом, розрахованим програмою, необхідно послідовно включати в обробку

тільки один інструмент, і за допомогою команди "Адаптер" порахувати в програмі основний час кожного інструменту, а потім скласти його.

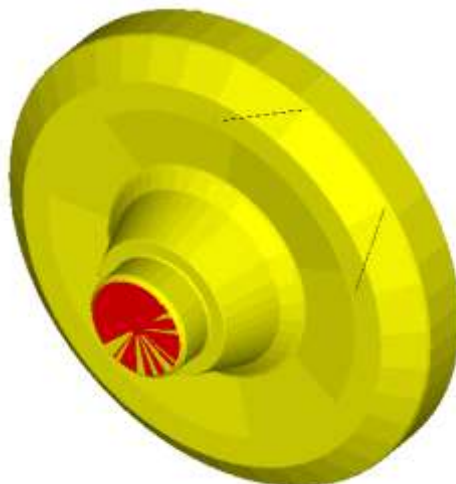


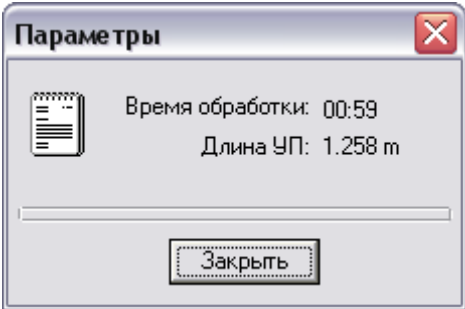
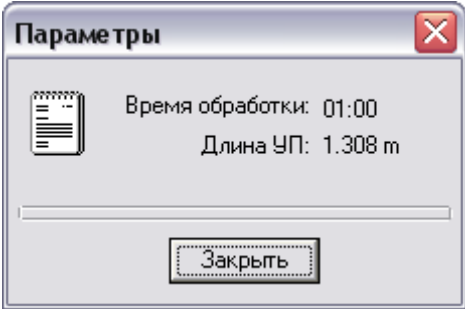
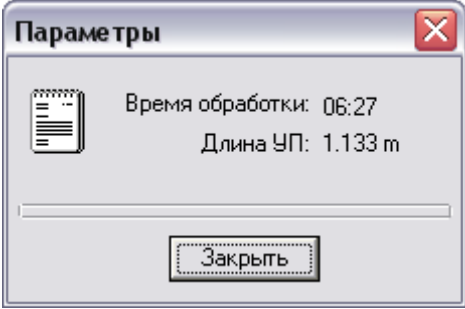
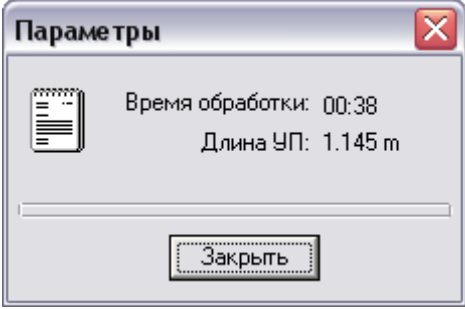
Рисунок 6.3 - Симуляція токарної обробки. Установ 1



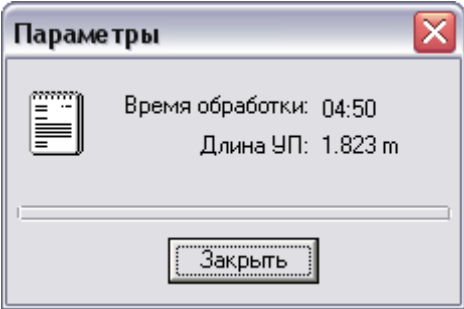
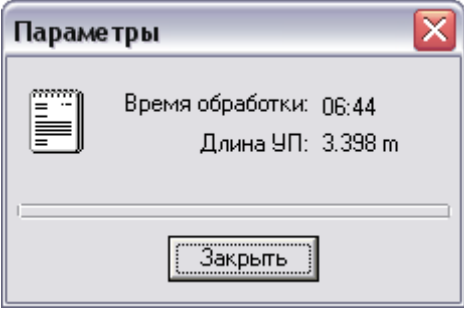
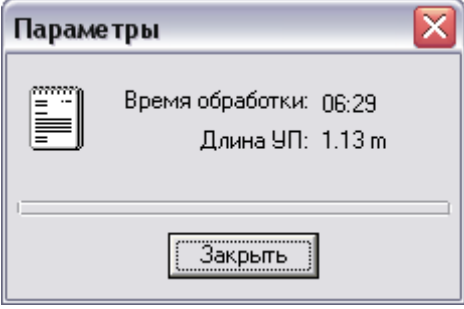
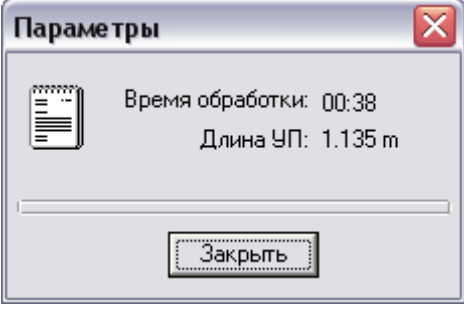
Рисунок 6.4 - Симуляція токарної обробки. Установ 2

Результати розрахунків, виконані програмою, а також порівняння з ручним розрахунком, виконаним в п.1.6, зведено в табл. 6.1.

Таблица 6.1 - Розрахунок основного часу обработки

№ інстр.	Розрахунок часу програмою ADEM	Перера- хунок часу, хв.	Сума часу, хв.	Похибка ручного розрахунку, %
1	2	3	4	5
Установ 1				
1		0,98	9,06	$\delta = \frac{9,06 - 9}{9} \cdot 100\% = 0,67\%$
2		1		
3		6,45		
4		0,63		

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
Установ 2				
5		4,83	18,67	$\delta = \frac{18,67 - 17,14}{17,14} \cdot 100\% = 8,93\%$
6		6,73		
7		6,48		
8		0,63		

Як бачимо, ручний і автоматичний розрахунки дають аналогічні результати. Витрати часу на розробку УП для різноманітних систем управління верстатами з ЧПУ, що містяться в базі даних пакета ADEM, істотно менше. Відпадає необхідність в ручній розробці РТК УП, описі траєкторії інструментів і складанні програми. В даному пакеті все це здійснюється автоматично.

Також запропоновано виконати частину операцій на оброблювальному центрі з ЧПК (рис. 6.5) моделі «CTX gamma 2000 TC». Оброблювальні центри з

ЧПК поєднують в собі токарний і фрезерний верстати. Це дозволяє вести ефективну 6-сторонню обробку всіх поверхонь заготовки (торцевих, країв, глухих і відкритих пазів), виконувати свердління отворів, обробляти ребра, припливи, знімати фаски, виконувати заокруглення, нарізати різьблення тощо [16]. Для створення керуючої програми для цього верстата було використано модуль САЕ комп'ютерного пакету NX (рис. 6.6).



Рисунок 6.5 – Оброблювальний центр мод. «CTX gamma 2000 TC»

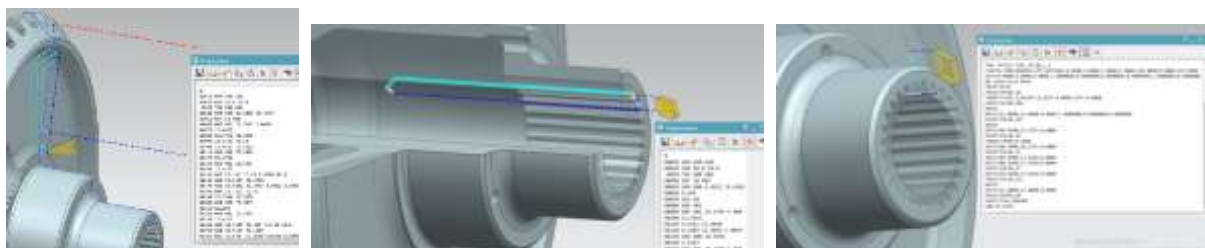


Рисунок 6.6 – Скріншоти переходів токарної обробки зубчастого колеса

Сумарний машинний час операції відрізняється від попереднього – менше, ніж на 7%, тому що незначно відрізняються режими різання, обрані з бібліотеки програми для даної системи керування верстатом.

7 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДУ ВВЕДЕННЯ СЛЮСАРНОГО ПЕРЕХОДУ НА ВЕРСТАТ З ЧПУ

У даному технологічному процесі для підвищення техніко-економічних показників (ТЕП) було запропоновано використати полімерно-абразивні щіткові інструменти для слюсарної обробки на токарно-фрезерному верстаті з ЧПК після комплексу формоутворюючих операцій, не знімаючи деталь з верстата. Порівняємо з цим варіантом (варіант 2) окрему операцію слюсарної обробки базового технологічного процесу, яку раніше виконували за допомогою полірувальної бабки (варіант 1) на окремій слюсарній операції.

Розрахуємо річну економію за рахунок використання іншого обладнання 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.

$$K_1 = C_{бал1} / N_{pich} \quad K_2 = C_{бал2} / N_{pich} \quad (7.2)$$

де $C_{бал1}, C_{бал2}$ – балансова собівартість обладнання двох варіантів, грн.

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

$$B = M_o + Z_{op} + A_{вд} + B_{рем} + B_{се} + B_i + B_n \quad (7.3)$$

де M_o – вартість основних матеріалів, грн/шт:

$$M_o = H_{\delta} \cdot \Pi_{\delta} - C \cdot \Pi_{\delta} \quad (7.4)$$

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:

$$Z_{op} = P_{в.см} \quad (7.5)$$

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

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

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

H_a – норма амортизації, %;

$B_{\text{рем}}$ – витрати на виконання ремонту, грн:

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

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

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

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

K_n – коефіцієнт попиту 0,7...0,9;

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

C_e – ціна кВт/годину силової енергії, грн/кВт.

B_i – витрати на ріжучий інструмент, грн:

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

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

$K_{\text{под}}$ – коефіцієнт подорожчання інструменту;

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

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

де S_v – виробнича площа, що займає обладнання, м²;

$K_{\text{доод}}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу;

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

Розрахунок технологічної собівартості першого варіанта.

Вартість основних матеріалів не враховуємо.

Основну заробітну плату основних робочих розраховуємо за формулою (7.5). Слюсар повинен мати високу кваліфікацію – 5-го розряду:

$$Z_o = 3,42 \text{ грн/шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (7.6):

$$A_{\text{ед}} = \frac{(18000 + 5000) \cdot 3}{100 \cdot 1000} = 0,69 \text{ грн.}$$

Витрати ремонту розраховуються наступним чином за формулою (7.7):

$$B_{\text{рем}} = 0,5 \cdot 0,69 = 0,35 \text{ грн.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (7.8):

$$B_{\text{се}} = \frac{3 \cdot 0,7 \cdot 15 \cdot 1,68}{60} = 0,88 \text{ грн}$$

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

$$B_i = \frac{(0,49 \cdot 15) \cdot 1,1}{60} = 0,14 \text{ грн}$$

Витрати на експлуатацію приміщення, яке займає обладнання, розраховуємо за формулою (7.10):

$$B_n = \frac{4,7 \cdot 2 \cdot 21,7 \cdot 1000}{4015 \cdot 60 \cdot 0,94} = 0,9 \text{ грн}$$

Розраховуємо технологічну вартість першого варіанту за формулою (7.3):

$$B_I = 3,42 + 0,69 + 0,35 + 0,88 + 0,14 + 0,9 = 6,38 \text{ грн.}$$

Розрахунок технологічної вартості після введення слюсарного переходу на верстат з ЧПУ.

Основну заробітну плату основних робочих розраховуємо за формулою (7.5). Оператор верстата з ЧПК 5-го розряду:

$$Z_o = 3,42 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуємо за формулою (7.6):

$$A_{\text{вд}} = \frac{34000 \cdot 5}{100 \cdot 1000} = 1,7 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (7.7):

$$B_{\text{рем}} = 0,5 \cdot 1,7 = 0,85 \text{ грн}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (7.8):

$$B_{\text{се}} = \frac{15 \cdot 0,85 \cdot 3,5 \cdot 1,68}{60} = 1,25 \text{ грн}$$

Витрати на ПІ розраховуємо за формулою (7.9):

$$B_i = \frac{0,16 \cdot 3,5}{60} = 0,01 \text{ грн/шт.}$$

Витрати на експлуатацію приміщення, яке займає обладнання, розраховуємо за формулою (7.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{7,85 \cdot 2 \cdot 4,51 \cdot 1000}{4015 \cdot 60 \cdot 0,98} = 0,3 \text{ грн}$$

Розраховуємо технологічну вартість другого варіанту за формулою (7.3):

$$B_2 = 3,42 + 1,7 + 0,85 + 1,25 + 0,01 + 0,3 = 7,53 \text{ грн}$$

Питомі капітальні витрати варіантів обладнання, які приходять на одиницю продукції, розраховуємо за формулою (7.2):

$$K_1 = 65000 / 1000 = 65 \text{ грн/шт};$$

$$K_2 = 105000 / 1000 = 105 \text{ грн/шт.}$$

Розрахунок річної економії без врахування вартості основного матеріалу проводимо за формулою (7.1):

$$E_p = [(6,38 + 0,1 \cdot 65) - (7,53 + 0,1 \cdot 105)] \cdot 1000 = -5157 \text{ грн.}$$

Як бачимо, економічно ця заміна не вигідна, за рік втрачаємо приблизно 5157 грн. Але ми замінюємо ручну працю на автоматичну із значною економією часу.

Зниження трудомісткості операцій двох варіантів розраховуємо за формулою:

$$\alpha = \frac{T_{um1} \cdot T_{um2}}{T_{um1}} \cdot 100\% \quad (7.11)$$

де T_{um1} , T_{um2} – норма штучного часу двох варіантів, хв.

$$\alpha = \frac{21,7 - 4,51}{21,7} \cdot 100 = 79\%$$

Зниження трудомісткості, в нормо-годинах на річну програму, визначаємо наступним чином:

$$E_m = \frac{T_{um1} - T_{um2}}{60} \cdot N \quad (7.12)$$

$$E_m = \frac{21,7 - 4,51}{60} \cdot 1000 = 286,5 \text{ нормо-год}$$

Якщо в робочих днях, то економія біля 35 робочих днів 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.

$$E_{\Phi-ЗП} = 286,5 \cdot 12,19 \cdot 1,3 \cdot 1,3955 = 6335,8 \text{ грн.}$$

Тому можна сказати, що економія заробітної плати перевищила втрати на виконання операції.

Приріст продуктивності праці за рахунок зниження трудомісткості виконання операцій, %:

$$\Delta_{\Pi\Pi} = \frac{100 \cdot \alpha}{100 - \alpha} \quad (7.14)$$

$$\Delta_{\Pi\Pi} = \frac{100 \cdot 79}{100 - 79} = 203\%$$

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного проекту детально розроблено відповідно до завдання технологічний процес виготовлення деталі – конічного зубчастого колеса. Запропоновано і економічно обґрунтовано метод отримання заготовки, яким є штампування на горизонтально-кувальній машині; розроблено маршрутну технологію для забезпечення якості поверхонь деталі і заготовки, і маршрут виготовлення деталі з призначенням металорізальних верстатів та оснастки. В ході роботи було виконано призначення припусків на заготовку, отримані її фактичні розміри, операційні розміри деталі за переходами та необхідні дані для подальшого проектування ТП.

Для підвищення ефективності прийомів підготовки виробництва на етапі проектування ТП були використані модулі САЕ таких комп'ютерних пакетів, як ADEM та NX для створення керуючої програми для декількох операцій. Для інтенсифікації виробництва були запропоновані нескладні ефективні методи подрібнення стружки під час різання.

Дана пояснювальна записка включає розрахунок пристосування для виконання фрезерної операції та контрольного пристрою.

Проведено розрахунок колеса на міцність, визначено діапазон максимальних напружень та раціональних навантажень деталі для забезпечення коефіцієнту запасу міцності за напруженням в інтервалі 2..3. Також визначено розташування небезпечного перерізу колеса під час експлуатації та граничну межу навантаження, після якої є можливим початок руйнування деталі.

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. Алексєєнко. 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, Ленингр. отд-ние, 1983. 448с.

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. – 496с.

8. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов.] – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.

9. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т. 2 Под ред. Е.И. Стружестраха. М.: Машгиз, 1961. – 891 с.

10. Електронний ресурс: <http://metallsam.ru/> сучасні технології переробки і брикетування металічної стружки.
11. Електронний ресурс: <http://bibliograph.com.ua/tokar/166.htm> / способи ламання і завивання зливної стружки.
12. Електронний ресурс: <https://helpiks.org/3-55202.html> / фізичні передумови управління процесом різання.
13. Максаров В.В. Автоматизація і управління процесом стружкоутворення при попередньому пластичному впливі на оброблюваний матеріал / В.В. Максаров, Ю. Ольт. СПб: Вид-во СЗТУ, 2008.
14. Електронний ресурс: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> Система автоматизованого проектування і розрахунку
15. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни і визначення.
16. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точність обробки, заготовки і припуски в машинобудуванні. Справочник технолога. М.: Машинобудування, 1976. – 288с.
17. Прогресивні різальні інструменти і режими різання металів: Справочник/В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина і др. – М.: Машинобудування, 1990. – 400 с.
18. 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. Жутенко К.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.

Формат	Зона	Поз	Но ваток 4 Обозначение	Наименование	Кол	Примі - тка
				Документація		
A1			НУЗП 294352.005	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1		Пневмоциліндр 7020-0191	1	
				Деталі		
		2		Корпус	1	
		3		Плита	1	
		4		Шток	1	
		5		Поршень	1	
		6		Кришка	1	
		7		Стакан	1	
		8		Перехідник	2	
		9		Втулка	1	
		10		Втулка	2	
		11		Шток	2	
				Стандартні вироби		
		12		Гвинт М10х50 ГОСТ 1491-80	3	
		13		Гвинт М5х30 ГОСТ 11738-84	6	
		14		Гайка М10 ГОСТ 11871-88	6	
НУЗП 294352.005						
Изм.	Лист	№ докум.	Продп.	Дата	Лист 1 Листов 2	
Разроб.	Жуценко	С.М.	30.11			
Проб.	Гончар	В.С.	30.11		каф. ТМБ група МЗ-118м	
Нконтр.	Логанінов	С.М.	2.12.19			
Чтб.	Дядя	С.М.	2.12.19		Формат А4	

Копіював

[illegible]

Формат		Зона	Лист	Додаток Б	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
						Документація			
A1				НУЗП 401531.005	Складальне креслення				
					Складальні одиниці				
		1			Корпус лівого центру	1			
		2			Корпус правого центру	1			
		3			Стійка індикатора	1			
		4			Рукоятка	2			
					Деталі				
		5			Основа	1			
		6			Плита	1			
					Стандартні вироби				
		6			Гвинт М10-6dх45.48	4			
					ГОСТ 1419-80				
		8			Годинник індикаторний ИЧ-10	1			
		9			Штифт 10х50 ГОСТ 3128-70	2			
				НУЗП 401531.005					
Ім'я	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Прийняття для контролю життя		Лист	Лист	Листов
Разроб.	Житенко	29.11							1
Проб.	Ганчар	30.11							
Н.контр.	Логомійов	2.12							
Утв.	Дядя*	2.12					каф. ТМБ гр. МЗ-118м		
					Копіював		Формат А4		