



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) Особливості управління технологічним процесом виготовлення шліндричних зубчастих коліс
 (вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент Ель Хакім МохаммедСпеціальність 131-1 технології машинобудування група М-113м

Обсяг проекту (роботи) _____

Кількість аркушів креслення _____

Кількість сторінок пояснювальної записки _____

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

машинобудівна робота складається з наступних розділів:
технологічна частина, конструкторська частина, організаційна
частина, розділ спеціального завдання, розділ оцінки праці. В цій роботі
розглядаються особливості управління технологічним процесом
виготовлення шліндричних зубчастих коліс.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню машинобудівна
робота відповідає завданню.

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

відповідає.

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) немає

д) позитивні особливості в майстерній роботі при кресленні механізму виконання механічних виконаних сучасні технологічні процеси різниці зображення зубів колеса.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) виконано згідно вимогам ГОСТ, ЕСКД та СТД-15-92.

е) відгук про роботу загалом робота виконана на високому науково-технічному рівні.

ж) інші зауваження суттєвих зауважень не має.

з) оцінка проекту (роботи) в цілому робота виконана за вимогами до проектів на тему "завдання".

Рецензію склав доктор канд. ТМБ ЗМТЧ Бурлаков А.І. Гелу
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

« 20 » листопада 20 18 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології машинобудування

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Особливості управління технологічним процесом виготовлення
циліндричних зубчатих коліс

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

✓ Технічна механіка 131
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ель Хажж Мохмамед

(прізвище та ініціали)

Керівник Дядя С.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Гермашев А.І.

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя

20 18 рік

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Другий (магістерський)
 Напрямок підготовки 131 Прикладна механіка
 (код і назва)
 Спеціальність _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
С.І. Дзюга доц. Дзюга С.І.
 "19" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ель Хатис Мохаммед
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Особливості управління технологічним процесом виготовлення шліфувального зубчатого колеса

керівник проекту (роботи) С.І. Дзюга,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, колеса зубчастого привода

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технологічна частина, конструкторська частина, організаційна частина, спеціальне завдання, методи нерухомих контролю

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

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Креслення деталі + 3D. | 5. Роботи приєднання |
| 2. Креслення з'єднання + 3D | 6. Контрольні приєднання |
| 3. Машичний обробки з'єднання | 7. Машини спеціального завдання. |
| 4. Інструменти різання | |

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Технол.	Дере С.Т. дач		
Констр	Дере С.Т. дач		
нормоконтроль	Шмигало В.Т., КТН. дач		
	Логанін В.О.		

7. Дата видачі завдання 03.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частина	15.11.18	
2.	Конструкторська частина	29.11.18	
3.	Організаційна частина	29.11.18	
4.	Співіслова частини	2.12.18	

Студент

(підпис) Ш. Хохлєв
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) Дере С.Т.
(прізвище та ініціали)

[10:16:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №747 [3] (200050 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:17:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №752 [3] (200046 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:18:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №732 [3] (200035 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:18:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №757 [3] (200057 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:21:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №762 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:22:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №767 [3] (200053 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:22:28] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №772 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:23:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №777 [3] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:23:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №782 [3] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:23:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №787 [3] (200070 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:24:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №792 [3] (200070 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:24:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №797 [3] (200054 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[10:24:46] Тип проверки: *Стандартная*

[10:24:47] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 29%)**

[10:24:47] **Уникальность текста 73%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

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

20.12.2018р.



РЕФЕРАТ

Текст пояснювальної записки складається з 146 сторінок основного тексту і 3 сторінок додатку, 34 таблиць, 22 малюнків, 17 використаних джерел. Графічна частина складається з 8 креслень формату А1, 1 креслення А2.

Метою магістерської роботи з технології машинобудування є закріплення і поглиблення отриманих знань, поповнення їх новими досягненнями сучасної прогресивної технології і застосування новітнього обладнання. Вивчення систем автоматизації та механізації технологічних процесів, накопичення досвіду самостійної інженерної діяльності по розробці технології виготовлення деталі підвищеної точності, конструювання технологічної оснастки, ріжучого інструменту і контрольного пристосування.

Графічна частина проекту складається з робочого креслення колеса зубчастого, заготовки, креслень пристосувань верстатного для фрезерування зубів і контрольного для перевірки биття, планування обладнання на ділянці, плакатів по спецзавданню.

Альбом технологічних карт оформлений окремим томом. Він включає розробку технологічного процесу обробки кільця упорного.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПЛАН ОБРОБКИ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

РТК	Розрахунково-технологічна карта
КГШП	Кривошипно-гарячештампувальний прес
МОП	Маршрут обробки поверхні
КП	Керуюча програма
ППД	Поверхнево-пластична деформація
ППТК	Послідовність показників точності і якості
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги
ХТО	Хіміко-термічна обробка

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І

ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	8
1.1.1 Опис виробу	8
1.1.2 Призначення деталі	9
1.1.3 Технологічний контроль креслення	10
1.1.4 Характеристика формотворчих поверхонь	11
1.1.5 Механічні властивості матеріалу	12
1.2 Визначення типу виробництва	13
1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	14
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	20
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки	25
1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом	25
1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом	31
1.6 Розрахунок режимів різання	33
1.6.1 Операція 20 (токарна з ЧПК)	33
1.6.2 Операція 75 (фрезерна)	36
1.6.3 Операція 35 (зубофрезерна)	39
1.6.4 Операція 80 (свердлильна)	41
1.7 Нормування операцій	46
1.8 Розробка РТК УП	52
1.8.1 Підготовка початкової інформації для машинного розрахунку керуючої програми, для верстатів з ЧПК	52
1.8.2 Розробка траєкторії руху інструменту	53
1.8.2 Розробка керуючої програми в G- кодах	56

1.9 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	521
1.9.1 Розробка токарної операції	61
1.9.2 Розробка свердлильної операції.....	63
1.9.3 Розробка фрезерної операції	65
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	67
2.1 Проектування робочого пристосування	67
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	67
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	68
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	71
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	73
3 Автоматизація заокруглень гострих крайок зубців зубчастих коліс після зубофрезування	74
4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ	85
4.1 Характерні ознаки основних дефектів деталей	85
4.1.1 Окислювальне зношування	85
4.1.2 Знос захопленням	86
4.1.3 Абразивний знос.....	87
4.1.4 Втомне зношування.....	87
4.1.5 Корозійно-механічне зношування	88
4.1.6 Корозійне руйнування	88
4.1.7 Ерозійне руйнування	90
4.1.8 Втомні руйнування	91
4.1.9 Термічні пошкодження.....	92
4.1.10 Механічні пошкодження	93
4.1.11 Природне старіння матеріалів	93
4.1.12 Інші дефекти	94
4.2 Методи визначення технічного стану деталей.....	95
4.2.1 Магнітно-порошковий метод.....	95
4.2.2 Магнітно-порошковий метод.....	96
4.2.2 Ультразвуковий імпульсний метод.....	98
4.2.3 Акустичний імпедансний метод	99
4.2.4 Метод вихрових струмів	99

	5
4.2.5 Оптико-візуальний метод.....	100
4.2.6 Рентгенівський метод.....	100
5 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ.....	101
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	104
6.1 Аналіз потенційних небезпек	96
6.2 Заходи з забезпечення безпеки	96
6.3 Засоби з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	96
6.4 Заходи з пожежної безпеки	96
ВИСНОВОК.....	122
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	123
ДОДАТОК А.....	126
ДОДАТОК Б.....	127

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ним постають безліч різних завдань і питань, які потребують негайного і правильного їх вирішення.

Зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу.

Собівартість виробу в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництво продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного обладнання та скорочення тривалості виробничого циклу і виготовлення деталі.

Тривалість виробничого циклу виготовлення деталі в свою чергу можна скоротити, застосовуючи механізоване і автоматизоване обладнання та приладдя (як робочі, так і контрольні), зменшення ручної праці, використання автоматизованих методів збирання стружки і транспортування деталей використання передових методів управління виробництвом.

В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва, при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва.

Якість створюваного виробу створюється на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізованої в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якості продукції є контроль, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі. Для забезпечення великої відсотка контрольованих деталей і зменшення часу на контроль, необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напіваавтоматичним циклом роботи, при використанні різних режимів, а також систем переробних і аналізують отриману інформацію.

Як висновок можна написати, що в умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства матиме застосування

найбільш продуктивних, з найменшою собівартістю коштів праці, які забезпечують необхідну якість, виконання конструкторських і технологічних робіт зі складанням мережевий моделі роботи підприємства, застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Опис виробу

Об'єкт виробництва – тривальний турбореактивний двоконтурний авіаційний двигун.

Двигун виконаний за трьохвальною схемою з переднім розташуванням вентилятора і з роздільними потоками та соплами. Ротор компресора розділений на три самостійних ротора, кожен з яких приводиться окремою турбіною. Ротори обертаються на різних оптимальних для них швидкостях обертання і пов'язані між собою тільки газодинамічним зв'язком.

Виконання двигуна за трьохвальною схемою дозволило отримати більш високий ККД окремих каскадів компресора, забезпечити необхідні запаси газодинамічної стійкості компресора, використовувати для запуску двигуна пусковий пристрій малої потужності, тому що при запуску стартер розкручує тільки ротор компресора високого тиску.

Крім того, у трьохвального двигуна ротори коротші і тому вони жорсткіші та краще зберігаються радіальні зазори.

Двигун розділений на 12 основних модулів:

- робоче колесо вентилятора;
- компресор низького тиску;
- вал вентилятора;
- напрямний апарат вентилятора;
- коробка приводів
- турбіна вентилятора;
- задня опора;
- ротор турбіни низького тиску;
- корпус опор турбін;
- камера згоряння;

- ротор турбіни високого тиску;
- проміжний корпус, зібраний з компресором високого тиску.

Кожен з модулів є закінченим конструктивно-технологічним вузлом і може бути демонтований і замінений без розбирання сусідніх модулів, що забезпечує можливість відновлення його експлуатаційної придатності заміною деталей і вузлів в умовах експлуатації.

Велика ступінь двухконтурності двигуна і високі параметри газодинамічного циклу забезпечують його високу економічність. У вихідній частині зовнішнього контуру на двигун може бути встановлено реверсивний пристрій.

1.1.2 Призначення деталі

Колесо зубчасте проміжне встановлюється в коробці приводів. На коробці приводів розмітаються агрегати, що обслуговують двигун і літак, і приводу до них. Коробка приводів кріпиться до спеціальних проушин, розташованих на двох фланцях проміжного корпусу, семнадцатю болтами і при необхідності їх можемо демонтувати разом з колонкою з двигуна, встановленого на літаку. На коробці приводів встановлені:

- приводні агрегати;
- відцентровий суфлер;
- блок паливних насосів;
- маслоагрегати;
- повітрявідділювач;
- гідронасос;
- стартер;
- привід-генератор.

З огляду складних умов роботи – високі швидкості обертання, до зубчастого вінця висуваються підвищені вимоги по всім нормам, особливо за нормами плавності і нормам контакту зубів (6-5-3 для зубчастого вінця), та мінімальним зазором між зубами. Так як деталь працює з великими швидкостями, важливе значення має розташування отворів для зменшення дисбалансу.

Умови роботи – колесо зубчасте проміжне працює в масляному середовищі, температура не перевищує 80°C (температура масла). Швидкість обертання не перевищує 70 м/с. Нагрузка на зуб не перевищує 700 кг/см^2 . Матеріал зуба відчуває змінні напруги від циклічних деформацій, а також від деформацій розтягування при вигині.

1.1.3 Технологічний контроль креслення

Робоче креслення деталі містить всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про конструкцію деталі, тобто наявність всіх необхідних проекцій, перетинів, розмірів. На кресленні вказані всі необхідні розміри з відхиленнями, шорсткістю оброблюваних поверхонь, допуск відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь.

Допуски форми і розташування поверхні виконані по ГОСТ 2.308-79.

Шорсткість на кресленні проставлена у відповідності з ГОСТ 2309-73.

Креслення містить відомості про матеріал і масу деталі.

Креслення деталі зроблений згідно СТ РЕВ 1181-78. Розміри проставлені згідно ГОСТ 2307-68. Граничні відхилення наведені згідно ОСТ 141154-86.

1.1.4 Характеристика формотворчих поверхонь

У таблиці 1.1 зведені характеристики основних формотворчих поверхонь.

Таблиця 1.1 – Характеристики основних формотворчих поверхонь

Розмір поверхні	Квалітет	Допуск на розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм
$\varnothing 112,65h8(-0,054)$	8	0,035	1,6
$\varnothing 80_{-0,4}$	14	0,4	2,5
$\varnothing 72N6_{(-0,014-0,033)}$	6	0,033	0,63
$\varnothing 75H12(^{+0,3})$	14	0,3	3,2
$\varnothing 80_{-0,4}$	14	0,4	2,5
$0,3\pm 0,2$	16	0,4	2,5
$10\pm 0,4$	14	0,8	2,5
$43h11(-0,16)$	11	0,16	2,5
$12_{-0,13}$	14	0,13	2,5
$R1 \pm 0,5$	17	1	2,5
$8,11_{(-0,1-0,175)}^{+0,1}$	6	0,075	0,63
$\varnothing 3^{+0,12}$	12	0,12	6,3
$4h12_{(-0,12)}$	12	0,12	3,2
$1,9H12(^{+0,1})$	12	0,1	3,2

1.1.5 Механічні властивості матеріалу

Матеріал деталі: сталь 14ХГСН2МА-Ш.

Сталь 14ХГСН2МА-Ш застосовується: для виготовлення цементуемых деталей відповідального призначення, від яких вимагається підвищена міцність і в'язкість серцевини, а також висока поверхнева твердість, працюючих під дією ударних навантажень. Хімічний склад Сталі 14ХГСН2МА-Ш показаний в табл. 1.2. Механічні властивості Сталі 14ХГСН2МА-Ш наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Fe	S	P
0.11-0.16	0.45-0.70	0.7-1.0	1.2-1.6	1.6-2.0	0.25-0.40	0.03-0.06	основа	не біл 0,025	не біл 0,025

Таблиця 1.3 – Механічні властивості

Вид напівфабрикату	Стан напівфабрикату	σ_T , кгс\мм	σ_B , кгс\мм	δ , %	ψ , %
Прутки	Термічно оброблені по режиму: закалка с 840^{+20} °C в маслі, відпускання при 160-250 °C	80	100	12	55

В процесі виготовлення деталі застосовується наступна термообробка. Після штампування здійснюється нормалізація. Цю операцію здійснюють з метою зменшення напруги після штампування, зменшення твердості і підвищення пластичності (в'язкості). На протікання технологічного процесу ця операція надає наступну вплив: зменшення твердості сприяє поліпшенню оброблюваності стали ріжучим інструментом. В результаті цього можна посилити режими різання, що в свою чергу скоротить загальний час технологічного процесу обробки.

В процесі виготовлення деталі також здійснюється цементация і гартування. При цьому досягається твердість HRC 30...31,5 для серцевини і HR15N 89...92,5.

1.2 Визначення типу виробництва

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми (5000 шт.) Випуску і маси деталі (0,2 кг). Згідно таблиці 1.4 тип виробництва – серійне (табл. 1.5).

Остаточню тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій на ділянці або потокової лінії. Коефіцієнт закріплення - це відношення всіх деталей-операцій, які виконуються чи повинні бути виконані на ділянці протягом місяця, до кількості робочих місць.

Таблиця 1.4 – Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, шт		
	Важкі, масою більше 100 кг	Середні, масою 10 – 100 кг	Легкі, масою до 10 кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 - 500
Серійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Багатосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{251} \quad (1.1)$$

де $\alpha=2...10$ днів – період запуску партії;

$N=5000$ шт. – річна програма випуску.

Розрахуємо кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{251} = 60.$$

Форма організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ14312-74 залежить від установленого порядку виконання операцій технологічного процесу, розташування технологічного обладнання, кількість виробів і напрямків їх руху в процесі виготовлення.

В даному випадку вибираємо групову форму організації виробництва. При груповій формі організації виробництва запуск виробів проводиться партіями з певною періодичністю. Устаткування при груповій формі організації виробництва розташовується по групах (токарні, фрезерні, шліфувальні і т.д.) по ходу технологічного процесу. При цьому отримують рух деталей від верстата до верстата, хоча переривчасте (партіями).

1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, масштабом і серійністю випуску, а так же економічністю виготовлення.

В даному звіті проведемо порівняння двох методів отримання заготовки - штампування на молотах і штампування на пресах.

Матеріал деталі - 14ХГСН2МА-Ш. Маса деталі – $q = 0,581$ кг.

Припуски для заготовки, одержуваної на молотах, визначаємо по [1, табл 1.3, с. 12]. Для штампування на молотах – $z = 2,0$ мм; штампування на КГШП – $z = 1,9$ мм;

Заготовка на молотах: група матеріалу М2, ступінь складності поковки С3, клас точності поковки Т2, штампувальні ухили 7° [2, с. 145].

Заготовка на КГШП: група матеріалу М2, ступінь складності поковки С3, клас точності поковки Т2, штампувальні ухили 5° [2, с. 145].

Так як заготовка має складну форму, то її масу, одержувану обома методами, визначаємо в програмі КОМПАС 3D, рис. 1.4.

Маса заготовки, певна в програмі КОМПАС 3D:

– на молотах - $m_3 = 0,389$ кг;

– на КГШП - $m_3 = 1,66$ кг;

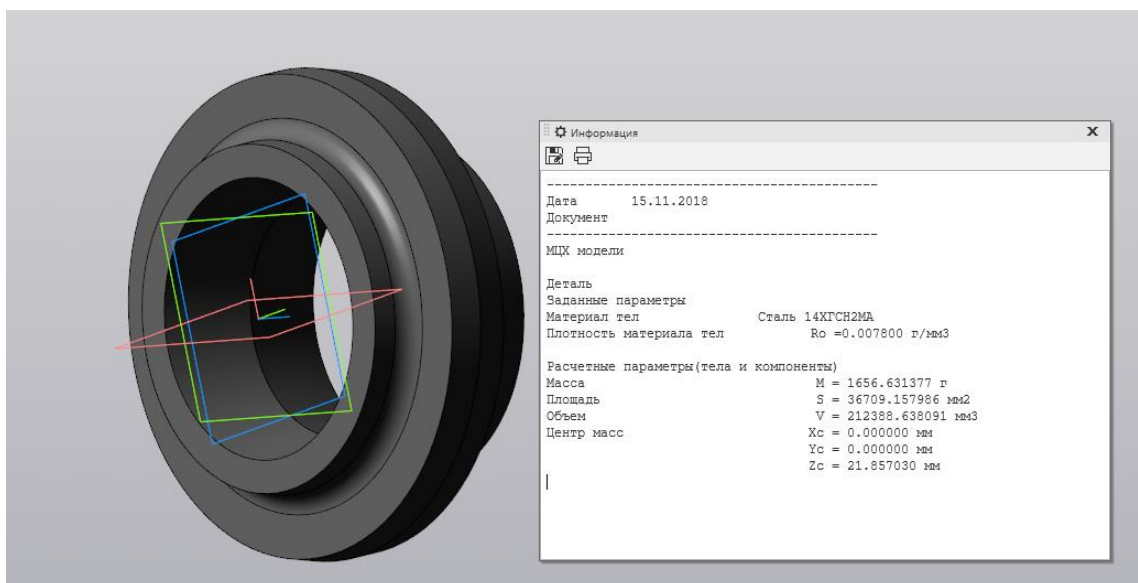


Рисунок 1.1 – 3D модель заготовки

Вартість однієї заготовки отриманої на молотах і коефіцієнт використання матеріалу:

$$B_1 = \frac{B_6}{1000} \cdot M_{31} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_P - (M_3 - m) \frac{B_{отд}}{1000}, \quad (1.2)$$

де $B_6 = 35000$ грн. – базова вартість виготовлення 1 тони заготовок [1, табл 1.4, с. 13];

$B_{отх} = 12000$ грн – вартість 1 тони стружки;

$M_{з1} = 0,67$ кг – маса заготовки;

$m = 0,2$ кг – маса деталі;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{\Pi}$ – коефіцієнти які враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску. Значення коефіцієнтів вибираємо по [1, табл.1.24-1.28, с.18-19].

$K_T = 1, K_M = 1,8, K_C = 1,12, K_B = 1,25, K_{\Pi} = 1.$

$$B_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1,12 \cdot 1,25 \cdot 1 - (0,75 - 0,2) \frac{12000}{1000} = 59,6.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{m}{M_3}, \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = \frac{0,2}{0,75} = 0,27,$$

Розрахуємо вартість однієї заготовки, отриманої на КГШП і коефіцієнт використання матеріалу:

$$B_2 = \frac{B_6}{1000} \cdot M_3 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - (M_3 - m) \frac{B_{отд}}{1000}, \quad (1.4)$$

де $B_6 = 35000$ грн. – базова вартість виготовлення 1 тони заготовок [1, табл 1.4, с. 13];

$B_{отх} = 12000$ грн – вартість 1 т стружки;

$M_{з2} = 0,75$ кг – маса заготовки;

$m = 0,2$ кг – маса деталі;

K_T, K_M, K_C, K_B, K_P – коефіцієнти які враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску. Значення коефіцієнтів вибираємо по [1, табл.1.24-1.28, с.18-19].

$$K_T = 1, K_M = 1,8, K_C = 1,12, K_B = 1,25, K_P = 1.$$

$$B_2 = \frac{35000}{1000} \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1,25 \cdot 1 - (0,67 - 0,2) \frac{12000}{1000} = 53,5,$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta_2 = \frac{0,2}{0,67} = 0,3,$$

Таблиця 1.5 – Порівняльні показники за варіантами отримання заготовки

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Варіант отримання	
			молот	прес
Маса заготовки	Мз	кг	1,94	1,66
Маса деталі	Мд	кг	0,581	0,581
Базова вартість 1т заготовок	Вб.	грн	35000	35000
Вартість однієї заготовки	В	грн	59,6	53,5
Коефіцієнт використання матеріалу	η	-	0,3	0,35

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

У звичайному випадку конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте і економне виробництво. Загальними критеріями оцінки технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості – Т і технологічної собівартості – В її виробництва. Оцінить

показники T і B на початковому етапі проектування ТП неможливо через відсутність необхідних вихідних даних.

Технологічність деталі на початковому етапі проектування ТП можна визначити за допомогою ряду показників.

Коефіцієнт використання матеріалу (див. рівняння (3.2)):

$$\eta_2 = \frac{0,581}{1,66} = 0,3,$$

За коефіцієнт використання матеріалу видно, що більша частина матеріалу йде у відходи (стружку). Тому за цим параметром деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.5)$$

де $Q_3 = 32$ – загальна кількість конструктивних елементів.

$Q_{y3} = 26$ – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{ye} = \frac{26}{32} = 0,81,$$

Так як коефіцієнт уніфікації $K_{ye} = 0,81 > 0,6$, то деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8, \quad (1.6)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

$$A_{\text{cp}} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

де A_i – квалітет точності i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету;

$$A_{\text{cp}} = \frac{6 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 5 + 16 \cdot 1 + 17 \cdot 1}{14} = \frac{170}{14} = 12,1.$$

$$K_{\text{ТО}} = 1 - \frac{1}{12,1} = 0,92.$$

Так як $K_{\text{ТО}} = 0,92 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}} < 0,32, \quad (1.8)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості по робочим кресленням:

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.9)$$

де B_i – клас шорсткості i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{\text{cp}} = \frac{0,63 \cdot 2 + 1,6 \cdot 1 + 2,5 \cdot 7 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 1}{14} = \frac{36,26}{14} = 2,59.$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{2,59} = 0,39.$$

Так як, $K_{\text{ш}} = 0,39 > 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь є технологічною.

За трьома з чотирьох показників деталь колесо зубчасте проміжне є технологічною. Якщо деталь хоч по одному показнику не є технологічною, то в цілому її можна вважати нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Поверхня $\varnothing 112h8_{(-0,054)}$

Розробимо МОП на циліндричну поверхню $\varnothing 112h8_{(-0,054)}$. Параметри деталі:

- квалітет – 8. Допуск – $T = 0,054$ мм;
- шорсткість – $Ra = 1,6$. Клас шорсткості – $\nabla 6$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $^{+0,5}_{-1,0}$ [2, табл. 23, с. 146], квалітет – 15. Допуск – $T = 1,5$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];
- шорсткість – $Ra = 50$ [1, табл. 2.2, с. 34]. клас шорсткості – $\nabla 2$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \quad (1.10)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{1500}{54} = 27,8; \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{50}{1,6} = 31,25.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p = 2 \lg \varepsilon_o, \quad (1.11)$$

$$k_p = 2 \lg 27,8 = 2,89.$$

Приймаємо $k = 3$ переходу.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

$$IT15 \Rightarrow IT12 \Rightarrow IT9 \Rightarrow IT8;$$

– за шорсткістю поверхні:

$$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 6,$$

або краще

$$Ra\ 50 \Rightarrow Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra\ 1,6.$$

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити однократним шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.6).

Поверхня $\varnothing 72N6(\begin{smallmatrix} -0,014 \\ -0,033 \end{smallmatrix})$

Розробимо МОП на циліндричну поверхню $\varnothing 72N6(\begin{smallmatrix} -0,014 \\ -0,033 \end{smallmatrix})$. Параметри деталі:

- квалітет – 6. Допуск – $T = 0,019$ мм;

- шорсткість – $Ra = 0,63$. Клас шорсткості – $\nabla 8$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $\begin{smallmatrix} +1,0 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ [2, табл. 23, с. 146], квалітет – 15. Допуск – $T = 1,5$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];

- шорсткість – $Ra = 50$ [1, табл. 2.6, с. 36]. Клас шорсткості – $\nabla 2$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні визначаємо за формулами (1.19):

$$\varepsilon_{IT} = \frac{1500}{16} = 94; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,63} = 79.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p = 2 \lg 94 = 3,94.$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

IT15 $\Rightarrow$ H12 $\Rightarrow$ H9 $\Rightarrow$ H7 $\Rightarrow$ N6;

– за шорсткістю поверхні:

$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 6 \Rightarrow \nabla 7 \Rightarrow \nabla 8$,

або краще

Ra 50 $\Rightarrow$ Ra 12,5 $\Rightarrow$ Ra 3,2 $\Rightarrow$ Ra 1,6 $\Rightarrow$ Ra 0,63.

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити однократним шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.6).

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології – забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), а організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

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

Даний технологічний процес призначений для виготовлення проміжного зубчатого колеса, заготовка отримується методом штампування в закритих штампах, після чого виробляють попередню чорнову обробку. Виконується нарізання зубчастого вінця, з подальшою чистовою обробкою.

Змінами в технологічному процесі є об'єднання операцій і застосування нового обладнання.

Поверхні оброблювані на операціях показані на плакаті в графічній частині магістерської роботи.

1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки

1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом

При розрахунку припусків аналітичним методом мінімальний операційний припуск визначається за формулами. При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск визначається за формулою:

$$Z_i^{min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (1.12)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i], \quad (1.13)$$

При обробці діаметральні зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.14)$$

де Rz – висота нерівностей профілю поверхні на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні обробленої на попередній операції;

Δ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на $(i-1)$ операції;

ε_{i-1} – похибка установки заготовки на операції, що виконується.

Розрахунок припусків і технологічних розмірів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 116H7(^{+0,035})$.

Вихідні дані:

Матеріал деталі – Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000; твердість – HRC 24...35,5; шорсткість поверхні – Ra 2,5; заготовка – штамповка; маса заготовки 0,67 кг.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- 1) заготовка штамповка;
- 2) точіння чорнове;
- 3) точіння чистове;
- 4) однократне плоске шліфування.

Для заготовки:

$Rz_1 = 160$ мкм, $h=150$ мкм. [2,табл.12,с.186];

Сумарна похибка форми і просторового відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.15)$$

де $\rho_{\text{см}} = 0,5$ мм., по [2, табл.17, с.186];

$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot l$, де $\Delta_k = 4$ мкм/мм. [2,табл.16,с.186]

$l = 22$ мм;

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{500^2 + (4 \cdot 22)^2} = 508 \text{ мкм.}$$

Точіння чорнове:

$Rz = 32$ мкм, $h = 50$ мкм, [2, табл. 25, с.188].

$\Delta_1 = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y$, $K_y = 0,06$, [2, табл. 29,с.190].

$\varepsilon_1 = 200$ мкм.

$$\Delta_1 = 508 \cdot 0,06 = 30,5 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$Rz = 10$ мкм, $h = 15$ мкм, [2, табл. 25, с.188].

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y, K_y = 0,05, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_2 = 100 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_2 = 30,5 \cdot 0,05 = 1,22 \text{ мкм.}$$

Шліфування однократне:

$$R_z = 5 \text{ мкм, } h = 10 \text{ мкм, } [2, \text{табл. 24, с. 187}].$$

$$\Delta_3 = \Delta_2 \cdot K_y, K_y = 0,04, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_3 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_2 = 1,22 \cdot 0,04 \approx 0 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.23).

$$\text{Точіння чорнове} - 2Z_{1 \min} = 2(160 + 150 + \sqrt{508^2 + 200^2}) = 1,712 \text{ мкм.}$$

$$\text{Точіння чистове} - 2Z_{1 \min} = 2(32 + 50 + \sqrt{31^2 + 100^2}) = 0,373 \text{ мкм.}$$

$$\text{Шліфування однократне} - 2Z_{2 \min} = 2(10 + 15 + \sqrt{1,2^2 + 50^2}) = 0,150 \text{ мкм.}$$

Допуски на розміри призначаємо за [2, табл. 32, с. 192] з урахуванням квалітету допуску розміру. Результати заносимо в таблицю 1.7.

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [2, табл. 23, с. 147] з урахуванням маси заготовки, групи матеріалу, ступеня складності штампування і розміру заготовки.

$$Td_{\text{заг}} = {}^{+0,5}_{-1,0} = 1,5 \text{ мм.}$$

Розрахуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Мінімальний розмір поверхні деталі - розмір останнього переходу механічної обробки:

$$D_{3min} = D_{3ном} + eid_3; \quad (1.16)$$

$$D_{3min} = 116 - 0 = 116 \text{ мм.}$$

Далі мінімальні розміри знаходимо за формулою:

$$D_{i min} = D_{i+1 min} - 2Z_{i+1 min} - TD_i, \quad (1.17)$$

$$D_{2 min} = D_{3 min} - 2Z_{3 min} - TD_2 = 116,0 - 0,150 - 0,087 = 115,763 \text{ мм,}$$

$$D_{1 min} = D_{2 min} - 2Z_{2 min} - TD_1 = 115,763 - 0,373 - 0,35 = 115,040 \text{ мм,}$$

$$D_{заг min} = D_{1 min} - 2Z_{1 min} - TD_{заг} = 132,811 - 1,712 - 1,5 = 111,828 \text{ мм.}$$

Максимальні розміри поверхонь для переходів розрахуємо за формулою:

$$D_{i max} = D_{i min} + TD_i, \quad (1.18)$$

$$D_{2 max} = D_{2 min} + TD_2 = 115,763 + 0,087 = 115,85,$$

$$D_{1 max} = D_{1 min} + TD_1 = 115,040 + 0,35 = 115,390,$$

$$D_{заг max} = D_{заг min} + TD_{заг} = 111,828 + 1,5 = 113,328.$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i max} = D_{i max} - D_{i-1 min}, \quad (1.19)$$

$$2Z_{3 max} = D_{3 max} - D_{2 min} = 116,035 - 115,763 = 0,272,$$

$$2Z_{2 max} = D_{2 max} - D_{1 min} = 115,85 - 115,04 = 0,810,$$

$$2Z_{1 max} = D_{1 max} - D_{заг min} = 115,39 - 111,828 = 3,562.$$

Перевіримо правильність розрахунків, використовуючи нерівність:

$$TZ_O = Z_{O \max} - Z_{O \min} = TA_{\text{заг}} + TA_{\text{дет}}, \quad (1.20)$$

$$\text{де } Z_{O \max} = D_{\text{дет} \max} - D_{\text{заг} \min} = 116,035 - 111,828 = 4,207 \text{ мм.}$$

$$Z_{O \min} = D_{\text{дет} \min} - D_{\text{заг} \max} = 116,0 - 113,328 = 2,672 \text{ мм.}$$

$$4,207 - 2,672 = 1,535 \text{ мм.}$$

$$1,5 + 0,035 = 1,535 \text{ мм.}$$

Визначимо виконавчі технологічні розміри для переходів механічної обробки. Визначимо виконавчий розмір заготовки:

$$\text{Виконавчий розмір заготовки} - \varnothing 112,8^{+0,5}_{-1,0}.$$

Виконавчі розміри для інших переходів поставимо в системі валу – h, тобто за номінальний розмір приймемо максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення см. розрахункову табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Допуск T, мкм	Мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Максимальний припуск $2Z_{\max}$, мкм	Мінімальний розмір, мм	Максимальний розмір, мм	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Виконавчий технологічний розмір, мм
		Rz	h	r	e								
	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 116H7^{(+0,035)}$												
1	Заготовка	160	150	508	0	-	1500	—	—	111,828	113,328	112,828	$\varnothing 112,8^{+0,5}_{-1,0}$
2	Точіння чорнове	32	50	31	200	1712	350	1712	3562	115,040	115,390	115,040	$\varnothing 115^{+0,35}$
3	Точіння чистове	10	15	1,2	100	373	87	373	810	115,763	115,850	115,763	$\varnothing 115,7^{+0,087}$
4	Шліфування однократне	5	10	0	50	150	35	150	272	116	116,035	116,000	$\varnothing 116^{+0,035}$

1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом

Розрахуємо припуски для однієї циліндричної поверхні та однієї торцевої поверхні.

Мінімальні припуски для переходів вибираємо по [3, табл. 4.23, с. 58].
Значення допусків вибираємо по [3, табл. 3.10, с. 27].

Розрахунок технологічних розмірів робимо методом розмірних ланцюгів. Обрані значення мінімальних припусків та допусків заносимо до розрахункової таблиці (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів табличним методом

i	Найменування технологічних переходів			Допуск T, мм	Граничні значення припусків, мм		Граничні значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
		Припуск $2Z_{\min}$, мм	Розмір, мм		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
		5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 112h8_{(-0,054)}$								
1	Заготовка	-	131,48	1,5	132,281	130,781			$\varnothing 132^{+1,0}_{-0,5}$
2	Точіння чорнове	1,5	129,28	0,54	129,281	128,741	3,540	1,500	$\varnothing 129,28_{-0,4}$
3	Точіння чистове	0,35	128,39	0,087	128,391	128,304	0,977	0,350	$\varnothing 128,39_{-0,25}$
4	Шліфування однократне	0,3	128	0,054	128,004	127,95	0,441	0,300	$\varnothing 128_{-0,16}$
	Торцева поверхня $12_{(-0,13)}$								
1	Заготовка	-	15,25	0,9	16,150	15,250			$16,2^{+0,6}_{-0,3}$
2	Точіння чорнове	1,5	13,75	0,43	13,750	13,320	2,830	1,500	$13,8_{-0,18}$
3	Точіння чистове	0,7	12,62	0,22	12,620	12,400	1,350	0,700	$12,6_{-0,13}$
4	Шліфування однократне	0,4	12,00	0,13	12,00	11,87	0,750	0,400	$12_{-0,13}$

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 20 (токарна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.2;
- матеріал – Сталь 14ХГСН2МА-Ш ОСТ 1 90005-91 гр. IX по [4, табл. 1, с. 31];
- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;
- Верстат – токарний з ЧПК 16K20Ф3.

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

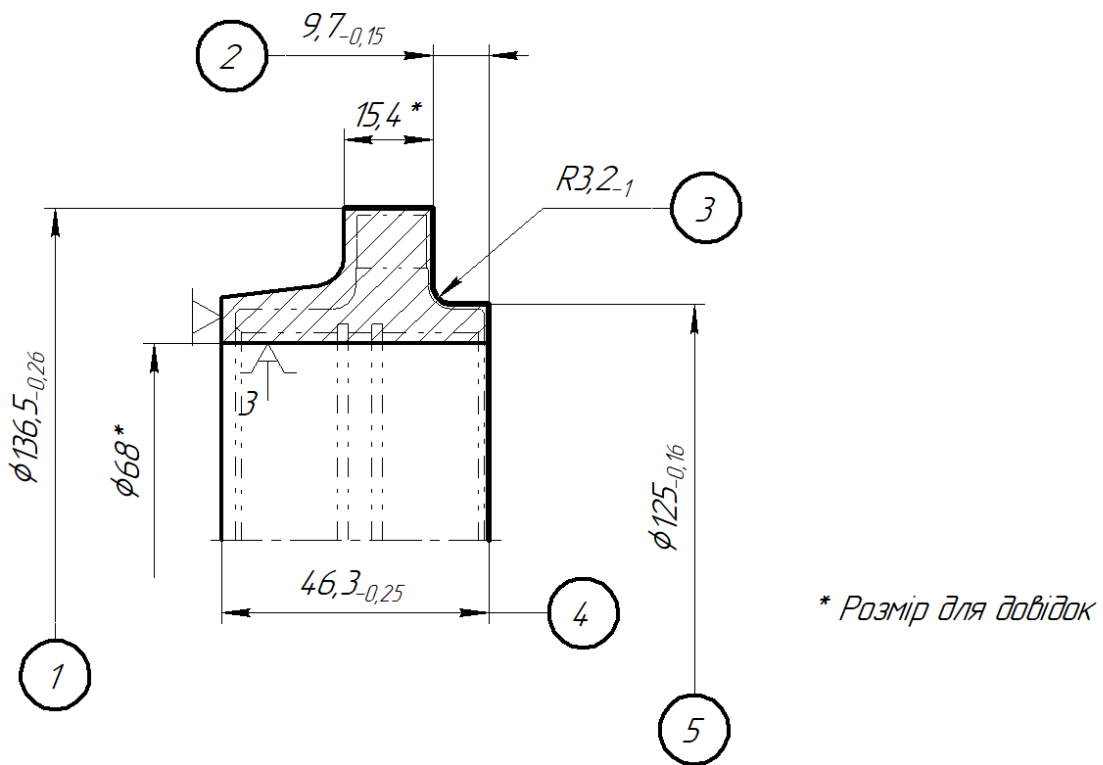


Рисунок 1.2 – Ескіз обробки

Обробити зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розміри 1-5 за програмою.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 90^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $r = 1$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Назначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 2$ мм.

Подача визначається за формулою [4, с. 240]:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{So}; K_{So} = K_{Sp} \cdot K_{Si} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{S3} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SM} \quad (6.1)$$

де S_{om} – табличне значення подачі за оберт, мм;

$K_{SoП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{SoИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

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

K_{So3} – коефіцієнт, що враховує вплив загартування;

$K_{SoЖ}$ – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;

K_{SoM} – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 26, с. 237] – $S_{om} = 0,47$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 30, с. 239]:

$K_{SoП} = 0,8$; $K_{SoИ} = 1,0$; $K_{So\phi} = 0,85$; $K_{So3} = 1,0$; $K_{SoЖ} = 0,5$; $K_{SoM} = 1,0$.

Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,47 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_o = 0,12$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою [4, с. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vИ} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vT} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vП} \cdot K_{vO} \quad (6.2)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{vИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

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

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 40, с. 246] –
 $v_m = 80 \text{ м/хв.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 43, с. 247-248]:
 $K_{vM} = 0,7, K_{vII} = 1,0, K_{vm} = 0,87, K_{vЖ} = 1,0, K_{vII} = 0,75, K_{vO} = 1,0.$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v_p = 80 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 58,8, \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (6.3)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 58,8}{3,14 \cdot 138} = 135,6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 125 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot \pi \cdot n_{\text{вст}}}{D} \quad (6.4)$$

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 125}{138} = 51,2 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y, \quad (6.5)$$

де $L_{\text{рез}} = 21 \text{ мм}$ – довжина різання; $y = 5 \text{ мм}$ – довжина врізання та перебігу [5, карта 65, с. 165].

Основний час:

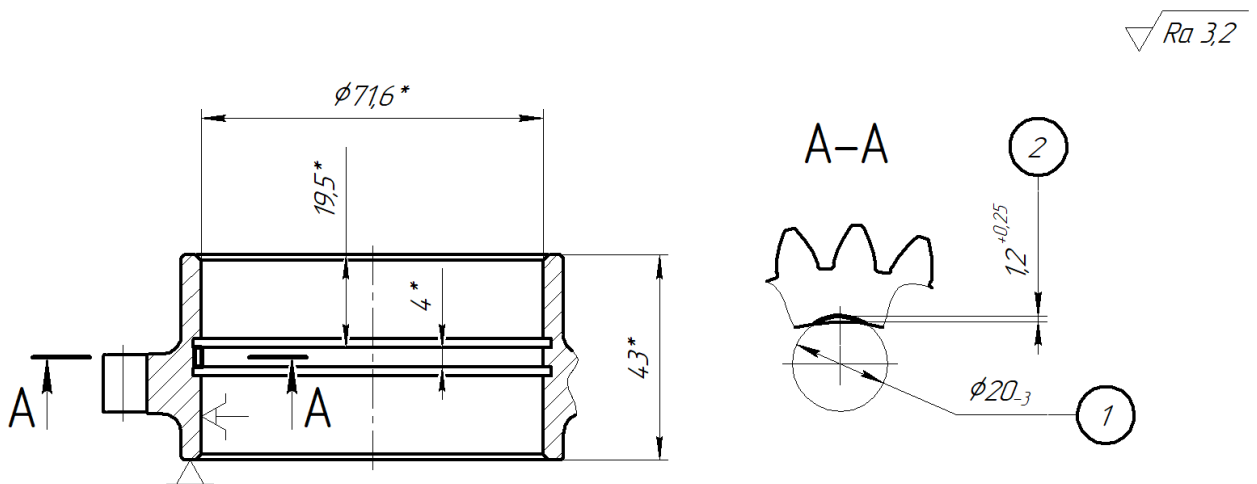
$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} \quad (6.6)$$

$$t_o = \frac{21 + 5}{0,12 \cdot 125} = 1,04 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 75 (фрезерна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.3;
 - матеріал – Сталь 14ХГСН2МА-Ш ОСТ 1 90005-91 гр. IX по [4, табл. 1, с. 31];
 - заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;
- Верстат – вертикально-фрезерний 6Р12.
 МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].



* Розмір для довідок

Рисунок 1.3 – Ескіз обробки

Фрезерувати послідовно 1 паз.

Інструмент: фреза кінцева, $D = 12,5$ мм, $l = 6$ мм, $z = 6$ (позначення – Фреза 2252-0301 Р6М5 ГОСТ 18372-73).

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 4$ мм (див. схему [4, с. 392]).

Подачу визначається за формулою [4, с. 304]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ}; K_{SZ} = K_{SZC} \cdot K_{SZH} \cdot K_{SZd} \cdot K_{SZ\Phi}, \quad (6.7)$$

де S_{Zm} – табличне значення подачі на зуб, мм;

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

K_{SZH} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези;

K_{SZR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні;

$K_{SZ\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 111, с. 304] – $S_{Zm} = 0,07$ мм/зуб.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 108, 109, 114, с. 299-305]: $K_{SZC} = 1,2$; $K_{SZH} = 0,85$; $K_{SZR} = 0,25$; $K_{SZ\Phi} = 0,66$. Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_Z = 0,07 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,66 = 0,011, \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{v\Pi} \cdot K_{vC} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vO} \cdot K_{vB} \cdot K_{v\varphi} \quad (6.8)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{v\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vC} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$K_{v\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

K_{vB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

$K_{v\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 130, с. 318] –
 $v_m = 75 \text{ м/хв.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 1, 134, 109, 135, с. 31, 302, 322]: $K_{vM} = 0,6$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vП} = 0,5$, $K_{vC} = 1,1$, $K_{v\phi} = 1,0$, $K_{vO} = 1,0$, $K_{vB} = 1,3$, $K_{v\varphi} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 75 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 43,4 \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 43,4}{3,14 \cdot 12,5} = 1105,7 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 1000 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 12,5}{1000} = 39,3 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення хвилинної подачі:

$$S_{\text{хвп}} = S_{\text{zp}} \cdot z \cdot n \quad (6.9)$$

$$S_{\text{хвп}} = 0,011 \cdot 6 \cdot 1000 = 66 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по верстату – $S_{\text{мв}} = 60 \text{ мм/хв.}$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{pez}} + y, \quad (6.10)$$

де $L_{\text{pez}} = 1,2 + 6 = 7,2 \text{ мм}$ – довжина різання;

$y = 6$ мм – довжина врізання і перебігу [5, карта 68, с. 448].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_{XB}} \quad (6.11)$$

$$t_o = \frac{7,2}{60} = 0,12 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 35 (зубофрезерна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.4;
- матеріал – Сталь 14ХГСН2МА-Ш ОСТ 1 90005-91 ГОСТ 5632-2014 гр.

IX по [4, табл. 1, с. 31];

- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;

Верстат – зубофрезерний напівавтомат 53А30.

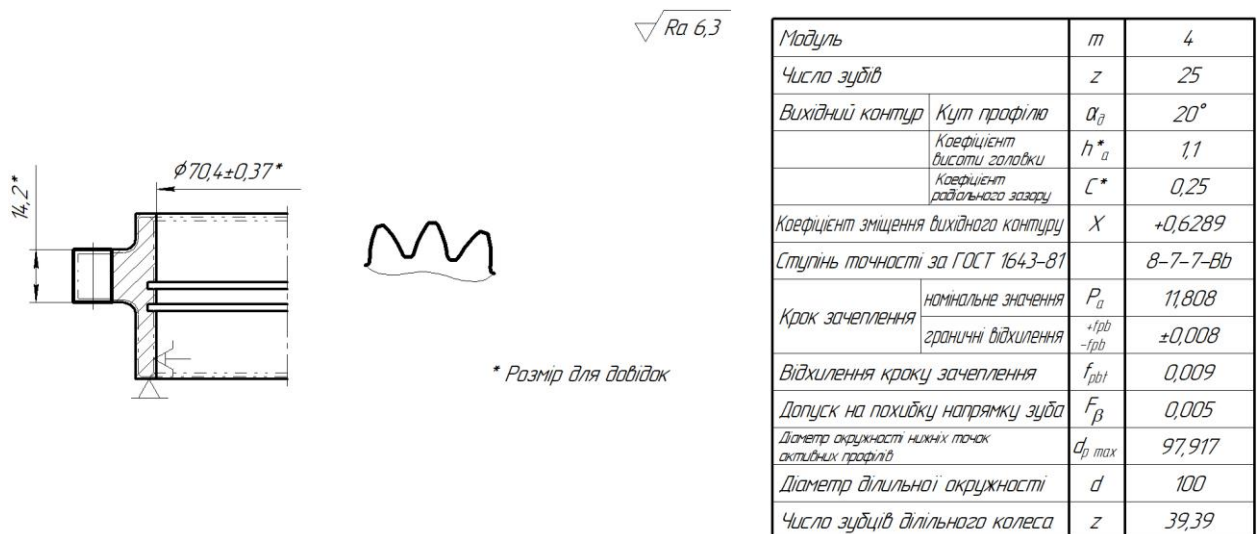


Рисунок 1.4 – Ескіз обробки

Інструмент: фреза черв'ячна однозаходна $d = 140$ мм, $L = 140$ мм, $l = 5$, $z = 14$ (позначення – 2510-4408 А ГОСТ 9324-80).

МОР: 5%-ий розчин Аквол-2 [4, табл. 24, с. 233].

Обробка здійснюється за два прохода (перший прохід – 1,4м, другий прохід – 0,8м), напрямок подачі – попутний.

Призначаємо режими різання.

За картою 1.1 [11, с. 219] визначаємо, що станок мод. 53А30 відноситься до II групи.

За картою 1.2 [11, с. 219] для заданого модуля та характеру обробки знаходимо величину подачі $S_o \text{ табл} = 2,5$ мм/об.

По карті 1.5 [11, с. 223] визначаємо значення поправочних коефіцієнтів: $K_{MS} = 0,9$; $K_{ZtS} = 0,7$; $K_{FS} = 1,2$; $K_{\beta S} = 0,65$; $K_{ZS} = 1,0$.

Визначаємо величину подачі: $S_o = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 1,33$ мм/об.

Приймаємо за верстатом подачу $S_o = 1,3$ мм/об.

На верстаті даної моделі подача регулюється безступінчасто, тому корегування подачі не проводим.

Величину нормативної стійкості $T_{\text{табл}}$ та нормативного зношування інструменту h_z визначаємо, виходячи з модуля та характеру обробки за картою 1.3 [11, с. 221]: $T_{\text{табл}} = 360$ хв, $h_z = 0,9$ мм.

Швидкість різання визначаємо по карті 1.4 [11, с. 224] в залежності від модуля та характеру обробки та величини подачі: $v_{\text{табл}} = 27$ м/хв.

Поправочні коефіцієнти за картою 1.5: $K_{vM} = 0,9$; $K_{\beta v} = 0,9$; $K_{Ztv} = 0,75$; $K_{vl} = 1$ (для першого проходу); $K_{vl} = 1,2$ (для другого проходу); $K_{lv} = 1,2$; $T/T_{\text{табл}} = 240/360 = 0,667$; $K_{Tv} = 1,17$.

Швидкість першого проходу $v_1 = 37 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,17 = 47,9$ м/хв.

Частота обертання фрези:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 40,0}{3,14 \cdot 140} = 90,9 \text{ об/хв.}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 47,9}{3,14 \cdot 140} = 108,9 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата вибираємо частоту обертання фрези 100 об/хв для першого і другого проходу.

$$v = \frac{140 \cdot 3,14 \cdot 100}{1000} = 41,8 \text{ м/хв.}$$

Основний час:

$$t_o = \frac{(b + l_1) \cdot z}{n \cdot S_o \cdot K}, \quad (6.11)$$

де b – ширина вінця нарізаємого колеса; l_1 – величина врізання та перебігу;

z – число зубів колеса, що нарізається, n – частота обертання фрези;

S_o – подача на оберт; K – число заходів фрези.

$$t_o = 2 \frac{(14,2 + 15) \cdot 25}{100 \cdot 1,3 \cdot 1} = 11,2 \text{ хв.}$$

1.6.4 Операція 80 (свердлильна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5;

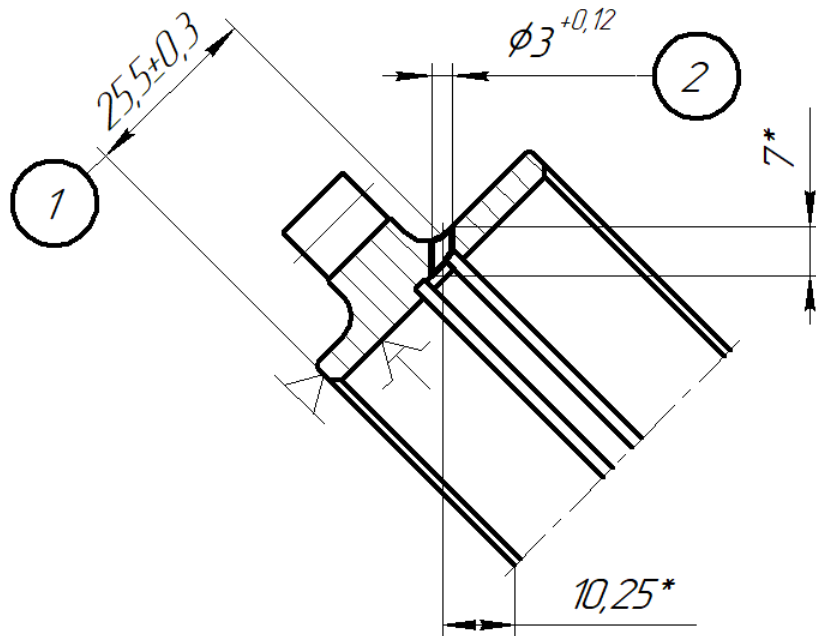
- матеріал – Сталь 14ХГСН2МА-Ш ОСТ 1 90005-91 ГОСТ 5632-2014 гр.

IX по [4, табл. 1, с. 31];

- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;

Верстат – вертикально-свердильний 2A125.

$\nabla Ra\ 6,3$



* Розмір для довідок

Рисунок 1.5 – Ескіз обробки

Перехід 1

Центрувати отвор, витримуючи розмір 1.

Інструмент – свердло 2317-0012 ГОСТ 14952-75. Матеріал – P18.

Глибина резання – $t = 2,0 / 2 = 1,0$ мм.

Подача визначається за формулою:

$$S_O = S_{O_T} \cdot K_S; K_S = K_{Sl} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SI} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM}, \quad (1.27)$$

де S_{O_m} – табличное значение подачи на оборот, мм/об;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

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

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 64, с. 267] – $S_{om} = 0,05$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 65, с. 267]: $K_{SI} = 1$, $K_{SЖ} = 0,75$, $K_{SI} = 1,0$, $K_{Sd} = 0,5$; $K_{Sm} = 0,75$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,05 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 0,014 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,01$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vII} \cdot K_{vo} \cdot K_{vt} \cdot K_{vП} \quad (1.28)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

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

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 68, с. 271] – $v_m = 42$ м/мин.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 71, с. 274]: $K_{vM} = 0,8$, $K_{vd} = 1,0$, $K_{vII} = 1,0$, $K_{vo} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vl} = 1,0$.

Расчетное значение скорости резания:

$$v = 42 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 33,6, \quad \text{м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.29)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 33,6}{3,14 \cdot 4} = 2673 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 2500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot \pi \cdot n_{\text{вст}}}{D} \quad (1.30)$$

$$v_d = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2500}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{різ.}} + y_{..} = 3 + 3 = 6 \text{ мм,}$$

де $L_{\text{різ.}} = 3$ мм – довжина різання;

$y = 3$ мм – довжина врізання [5, карта 43, с. 287].

Основний час:

$$t_{o1} = 3 \cdot \frac{6}{0,01 \cdot 2500} = 0,14 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Свердлити отвор, витримуючи розміри 1, 2.

Інструмент – свердло 2300-0155 ГОСТ 10902-77. Матеріал – Р6М5.

Глибина резання – $t = 6,6 / 2 = 3,3$ мм.

Подача визначається за формулою (1.36). Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 64, с. 267] – $S_{om} = 0,12$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 65, с. 267]: $K_{SI} = 1$, $K_{SЖ} = 0,75$, $K_{SII} = 1,0$, $K_{Sd} = 1,0$; $K_{Sm} = 0,75$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,05 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,068 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,06$ мм/об.

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.37). Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 68, с. 271] – $v_m = 36$ м/мин.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 71, с. 274]:
 $K_{vM} = 0,8$, $K_{vd} = 0,9$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vo} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vl} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 36 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 25,9, \quad \text{м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25,9}{3,14 \cdot 3} = 2749 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 1800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 1800}{1000} = 17 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{різ.}} + y = 7 + 5 = 12 \text{ мм,}$$

де $L_{\text{різ.}} = 7$ мм – довжина різання;

$y = 5$ мм – довжина врізання та перебігу [5, карта 43, с. 287].

Основний час:

$$t_{o2} = \frac{12}{0,06 \cdot 1800} = 0,11 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час по операції дорівнює $t_o = t_{o1} + t_{o2} = 0,14 + 0,11 = 0,25$ хв.

1.7 Нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

Норма часу в серійному виробництві називається штучно-калькуляційною нормою часу:

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{t_{п.з}}{n}, \quad (1.31)$$

де n – число деталей в партії;

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

$t_{шт}$ – штучний час на одну деталь, хв.

$$t_{шт} = t_o + t_{доп} + t_{об} + t_{відп}, \quad (1.32)$$

де t_o – основний (машинний) час, хв;

$t_{доп}$ – допоміжний час, хв;

$t_{об}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{відп}$ – час перерви на відпочинок, хв.

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим}, \quad (1.33)$$

де $t_{у.з}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$t_{з.в}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

$t_{у.п}$ – час на прийоми управління, хв;

$t_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв.

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп}, \quad (1.34)$$

де t_o – машинний час;

t_g – допоміжний час.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right), \quad (1.35)$$

де $\alpha_{обс}$ и $\alpha_{відп}$ – час на обслуговування робочого місця, перерва на відпочинок і природні потреби в % від оперативного часу.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначено за формулою (1.1) – $n = 60$ деталей:

Проведемо розрахунок технічної норми часу для операції токарної з ЧПК 020.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (12 хв), і отримання та здача інструменту і пристосування (8 мин). Таким чином $t_{п-з} = 20$ хв, [6, карта 18, с.71] (група верстата II).

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим} = 0,4 + 0,16 + 0,33 = 0,89 \text{ хв},$$

де $t_{у.з} + t_{з.в} = 0,4$ хв – час на установку і зняття деталі [7, табл. 70, с. 131];

$t_{уп.} = 0,16$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 71, с.132];

$t_{вим} = 0,09 \cdot 1 + 0,12 \cdot 2 = 0,33$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{оп} = t_o + t_{доп} = 1,04 + 0,89 = 1,93$ хв.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,6% від оперативного часу [7, с.133]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 1,93 \cdot 0,041 = 0,08 \text{ хв}, \quad (1.36)$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 1,93 + 0,08 = 2,01 \text{ хв}, \quad (1.37)$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 2,01 + \frac{20}{60} = 2,34 \text{ хв}. \quad (1.38)$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для операції фрезерної 35.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (18 хв), і отримання та здача інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{n-3} = 25$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{y.з} + t_{з.в} + t_{y.п} + t_{\text{вим}} = 0,79 + 0,24 + 0,09 = 1,12 \text{ хв},$$

де $t_{y.c.} + t_{з.o} = 0,79$ хв – час на установку і зняття деталі [7, табл. 93, с. 159];

$t_{y.п.} = 0,24$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 93, с.159];

$t_{\text{вим}} = 0,09 \cdot 2 + 0,12 \cdot 2 = 0,42$ хв хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} = 0,12 + 1,12 = 1,24$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,1% від оперативного часу [7, табл. 94, с.160]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 1,24 \cdot 0,052 = 0,06 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 1,24 + 0,06 = 1,3 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 1,3 + \frac{25}{60} = 1,72 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для зубофрезерної операції 35.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($15,5 + 5 + 5 = 25,5$ хв), отримання і здачі інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{n-3} = 25,5$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{y.z} + t_{z.v} + t_{y.n} + t_{\text{вим}} = 0,6 + 0,84 + 0,18 = 1,62 \text{ хв},$$

де $t_{y.c.} + t_{z.o} = 0,4 + 0,2 = 0,6$ хв – час на установку і зняття деталі [6, карта 16, с. 54];

$t_{yn} = 0,84$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 109, с. 187];

$t_{\text{вим}} = 0,18$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{don} = 11,2 + 1,62 = 13,65$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 6,5% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 1,62 \cdot 0,065 = 0,83 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 13,65 + 0,83 = 14,08 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 13,65 + \frac{25,5}{60} = 14,08 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для свердлильної операції 80.

Підготовчо-заклучний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($5,5 + 2,5 + 1,5 = 9,5$ хв), отримання і здачі інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{n-3} = 16,5$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{y.з} + t_{з.в} + t_{y.п} + t_{\text{вим}} = 0,37 + 0,35 + 0,16 = 0,88 \text{ хв},$$

де $t_{y.c.} + t_{з.o} = 0,13 + 0,04 = 0,37$ хв – час на установку і зняття деталі [6, карта 16, с. 54];

$t_{y.п.} = 0,35$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 109, с. 187];

$t_{\text{вим}} = 0,16$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{don} = 0,25 + 0,88 = 1,13$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,2% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 1,13 \cdot 0,052 = 0,06 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 1,13 + 0,06 = 1,19 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 1,19 + \frac{16,5}{60} = 1,46 \text{ хв}.$$

Норми часу для механічних операцій наведені в табл. 1.9

Таблиця 1.9 – Норми часу

№ оп-ї	Найменування операції	t_o , мин	t_e , хв	t_{on} , хв	t_{um} , хв	$t_{пз}$, хв	n , шт	$t_{um-к}$, хв
15	Токарна	1,40	0,89	2,29	2,38	25	60	2,80
20	Токарна з ЧПК	1,04	0,89	1,93	2,01	20	60	2,34
25	Токарна з ЧПК	1,60	0,89	2,49	2,65	20	60	2,99
30	Токарна з ЧПК	1,50	0,89	2,39	2,49	20	60	2,82
35	Зубофрезерна	11,20	1,62	12,82	13,65	25,5	60	14,08
50	Токарна	2,10	0,89	2,99	3,11	25	60	3,53
65	Токарна з ЧПК	2,50	0,89	3,39	3,53	20	60	3,86
70	Токарна з ЧПК	3,10	0,89	3,99	4,15	20	60	4,49
75	Фрезерна	0,12	1,12	1,24	1,30	25	60	1,72
80	Свердлильна	0,25	0,88	1,13	1,19	16,5	60	1,46
95	Внутрішньо-шліфувальна	2,10	1,40	3,50	3,64	17	60	3,93
100	Зубошліфувальна	4,50	1,21	5,71	5,94	29	60	6,43
105	Зубохонінгувальна	3,60	1,21	4,81	5,01	31	60	5,52
110	Полірувальна	2,20	1,43	3,63	3,78	14	60	4,01

1.8 Розробка РТК УП

1.8.1 Підготовка початкової інформації для машинного розрахунку керуючої програми, для верстатів з ЧПК

Настроювальні розміри розраховуються за формулою:

$$A_{\text{настр}} = \frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2}, \quad (1.39)$$

де A_{max} – максимальний розмір;

A_{min} – мінімальний розмір.

Розрахуємо усі настроювальні розміри.

Діаметральний розмір $\varnothing 70,4^{+0,19}$ мм:

$$A_{\text{настр } 1} = \frac{70,4 + 70,59}{2} = 70,495 \text{ мм.}$$

Діаметральний розмір $\varnothing 75^{+0,3}$ мм:

$$A_{\text{настр } 2} = \frac{75 + 75,3}{2} = 75,15 \text{ мм.}$$

Довжинний розмір $4_{-0,12}$ мм:

$$A_{\text{настр } 3} = \frac{4 + 3,88}{2} = 3,94 \text{ мм.}$$

Довжинний розмір $1,9^{+0,1}$ мм:

$$A_{\text{настр } 4} = \frac{1,9 + 2}{2} = 1,95 \text{ мм.}$$

Отримані дані заносимо до таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Настроювальні розміри оброблюваних поверхонь

№ п/п	Операційний розмір	Настроювальний розмір
1	$\varnothing 70,4^{+0,19}$	$\varnothing 70,495$
2	$\varnothing 75^{+0,3}$	$\varnothing 75,15$
3	$4_{-0,12}$	3,94
4	$1,9^{+0,1}$	1,95
5	$18,4 \pm 0,105$	18,4

1.8.2 Розробка траєкторії руху інструменту

Траєкторія руху інструментів показана на рис. 1.6.

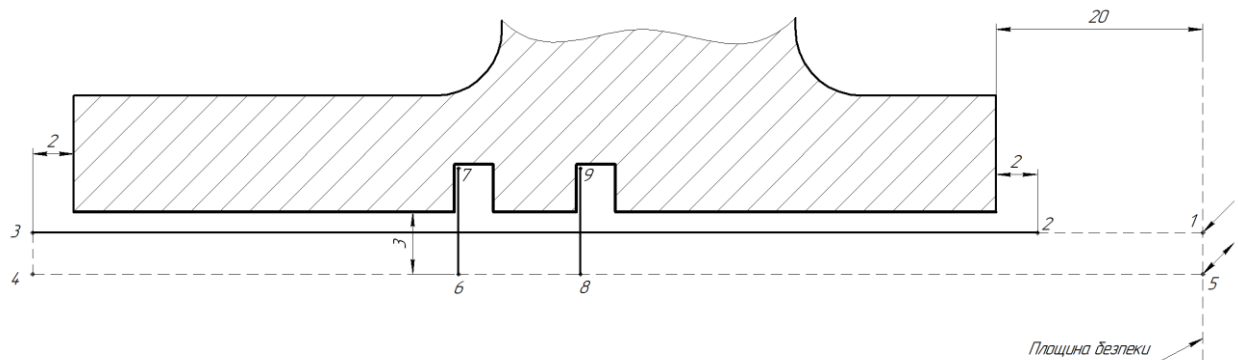


Рисунок 1.6 – Траєкторія руху інструмента

Розробка траєкторії руху інструментів, розрахунок координат і збільшень опорних точок, призначення технологічних команд, підготовка карти технологічної інформації

Координати опорних точок розраховуються за формулою:

$$x_{ci} = x_{mi} \cdot \text{МЦІ}_X, \quad (1.40)$$

$$z_{ci} = z_{mi} \cdot \text{МЦІ}_Z, \quad (1.41)$$

де x_{mi} , z_{mi} – координати, розраховані за РТК, мм;

МЦІ_X , МЦІ_Z – коефіцієнти переведення в імпульси, які дорівнюють 200 і 100, відповідно.

Координати 1-ї точки:

$$x_1 = \left(\frac{70,495}{2} - 1,0 \right) \cdot 200 = 6\,850 \text{ імп}$$

$$z_1 = (44,6 + 20) \cdot 100 = 6\,460 \text{ імп}$$

Координати 2-ї точки:

$$x_2 = x_1 = 6\,850 \text{ імп}$$

$$z_2 = (44,6 + 2) \cdot 100 = 4\,660 \text{ імп}$$

Координати 3-ї точки:

$$x_3 = x_2 = 6\,850 \text{ імп}$$

$$z_3 = -2 \cdot 100 = -200 \text{ імп}$$

Координати 4-ї точки:

$$x_4 = \left(\frac{70,495}{2} - 3 \right) \cdot 200 = 6\,450 \text{ імп}$$

$$z_4 = z_3 = -200 \text{ імп}$$

Координати 5-ї точки:

$$x_5 = x_4 = 6\,450 \text{ імп}$$

$$z_5 = z_1 = 6\,460 \text{ імп}$$

Координати 6-ї точки:

$$x_6 = x_5 = 6\,450 \text{ імп}$$

$$z_6 = (18,4 + 0,2) \cdot 100 = 1\,860 \text{ імп}$$

Координати 7-ї точки:

$$x_7 = \left(\frac{75,15}{2} - 0,2 \right) \cdot 200 = 7\,475 \text{ імп}$$

$$z_7 = z_6 = 1\,860 \text{ імп}$$

Координати 8-ї точки:

$$x_8 = x_6 = 6\,450 \text{ імп}$$

$$z_8 = (18,4 + 3,94 + 0,2) \cdot 100 = 2\,254 \text{ імп}$$

Координати 9-ї точки:

$$x_9 = x_7 = 7\,475 \text{ імп}$$

$$z_9 = z_8 = 2\,254 \text{ імп}$$

Отримані результати заносимо в таблицю 1.11.

$$\Delta z_i = z_{ci} - z_{ci-1}, \quad (1.43)$$

де x_{ci} , z_{ci} – поточні значення, імп.;

x_{ci-1} , z_{ci-1} – координати попередньої точки, імп.

Таблиця 1.11 – Карта підготовки даних для обробки деталі

№ точки	Подача мм/об	Оберти об/хв	Зміна блока	Z імп.	X імп.	ΔZ імп.	ΔX імп.	Примітка
01								Блок №1
1	XX	250	1	6460	6850			Вкл. шпинд., Вкл. корект.
2	XX			4660	6850	-1800	0	Вкл. СОЖ
3	0,05			-200	6850	-4860	0	
4	XX			-200	6450	0	-400	
5	XX			6460	6450	6660	0	
5	XX		2	6460	6450	0	0	
6	XX			1860	6450	-4600	0	
7	0,05	250		1860	7475	0	1025	
6	XX			1860	6450	0	-1025	
8	XX			2254	6450	394	0	
9	0,05			2254	7475	0	1025	
8	XX			2254	6450	0	-1025	
5	XX			6460	6450	4206	0	Викл.корект., Викл.СОЖ
01								Викл. шпинд.

Керуюча програма в кодах ISO 7-BIT:

%

N901 T1 M106

N001 G27

N002 Z+019360 F70000 G58

N003 S012 M103

N004 X-001951

N005 G26

N006 G01 Z-01800 F10650 M108 L11

N007 Z-04860 F10013

N008 X-00400
N009 G40 Z+06600 L11
N010 G25 X+999999 M105
N011 G25 Z+999999
N012 T2 M106
N013 G27
N014 Z+029360 F70000 G58
N015 X-008511
N016 G26
N017 G01 Z-04600 F10650 M108 L21
N018 X+01025 F10013
N019 X-01025 F10650
N020 Z+00394
N021 X+001025 F10013
N022 X-01025 F10650
N023 G40 Z+04206 F70000 M109 L21
N024 G25 X+999999 M105
N025 G25 Z+999999
N026 M102

1.9 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних
верстатах з ЧПК

1.9.1 Розробка токарної операції

Операція 020 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК 16K20Ф3.

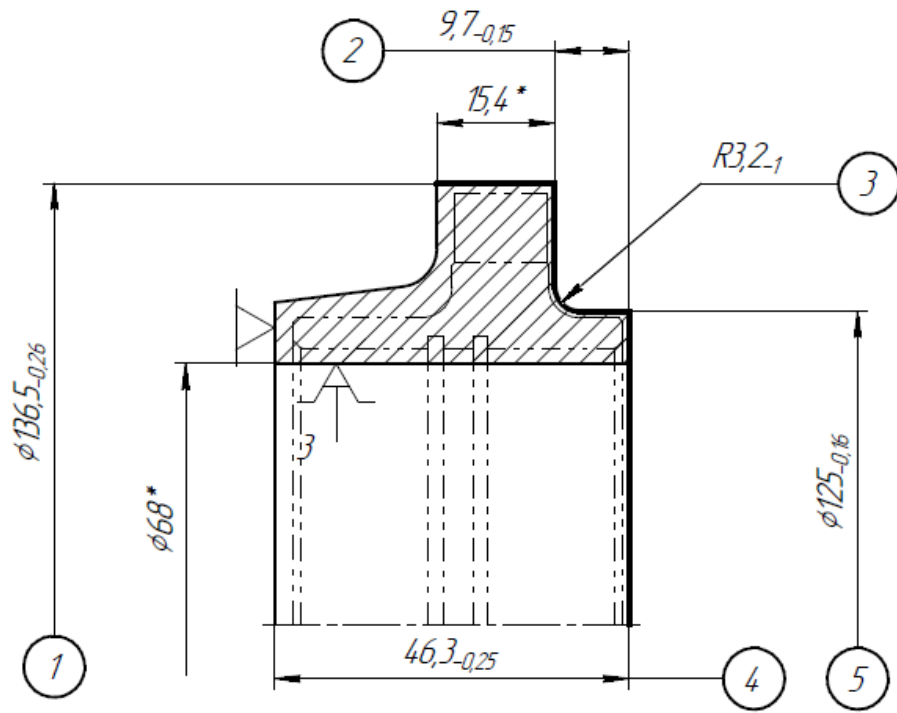


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз токарної операції

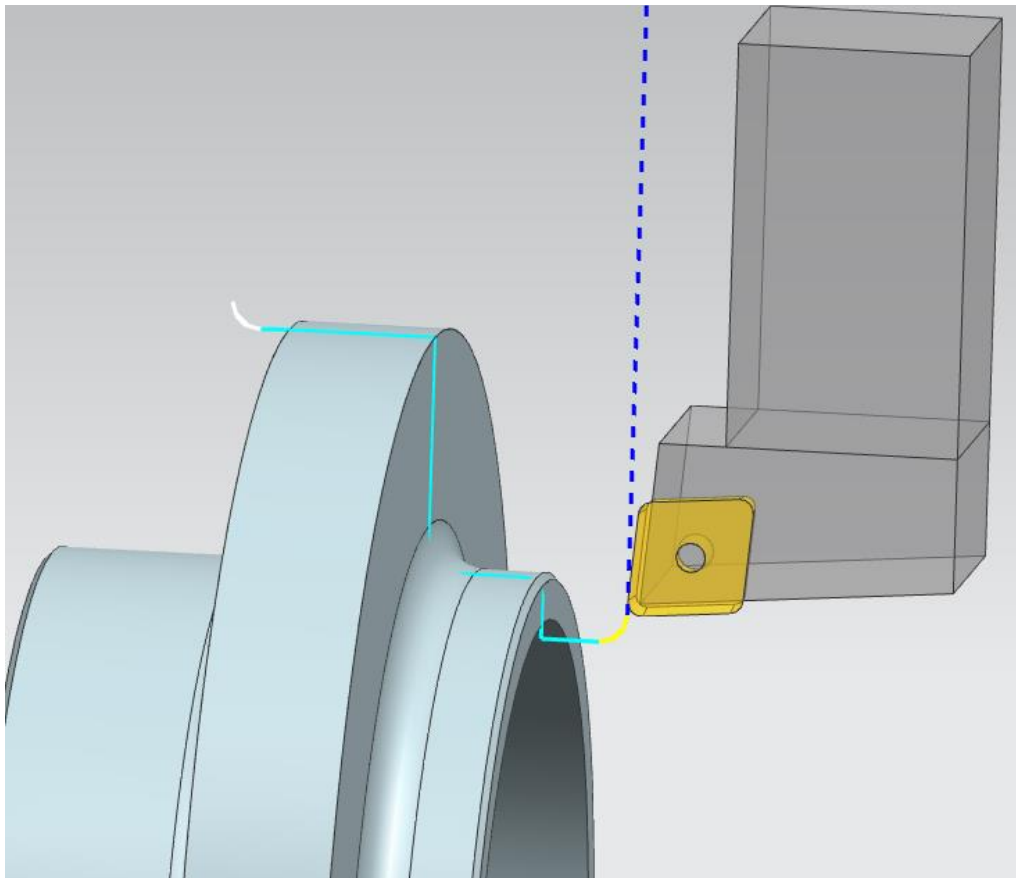


Рисунок 1.9 - Траекторія токарної операції

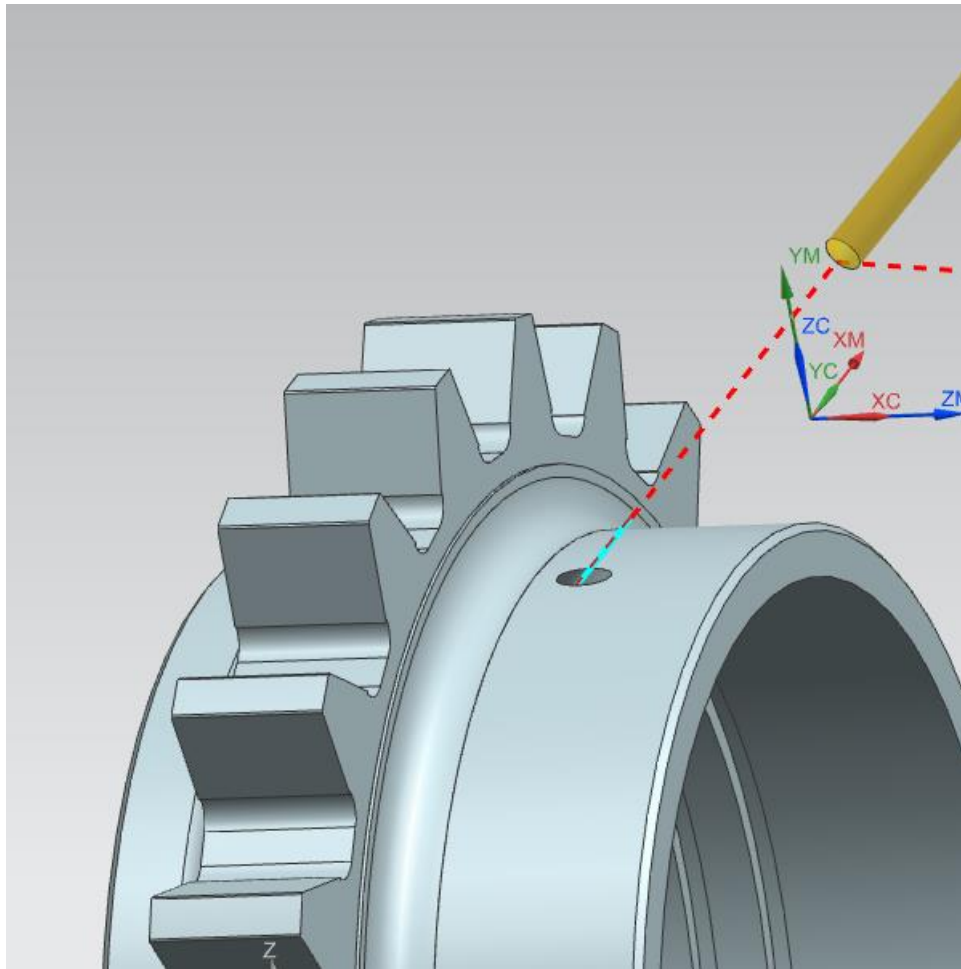


Рисунок 1.12 - Траекторія свердильної операції

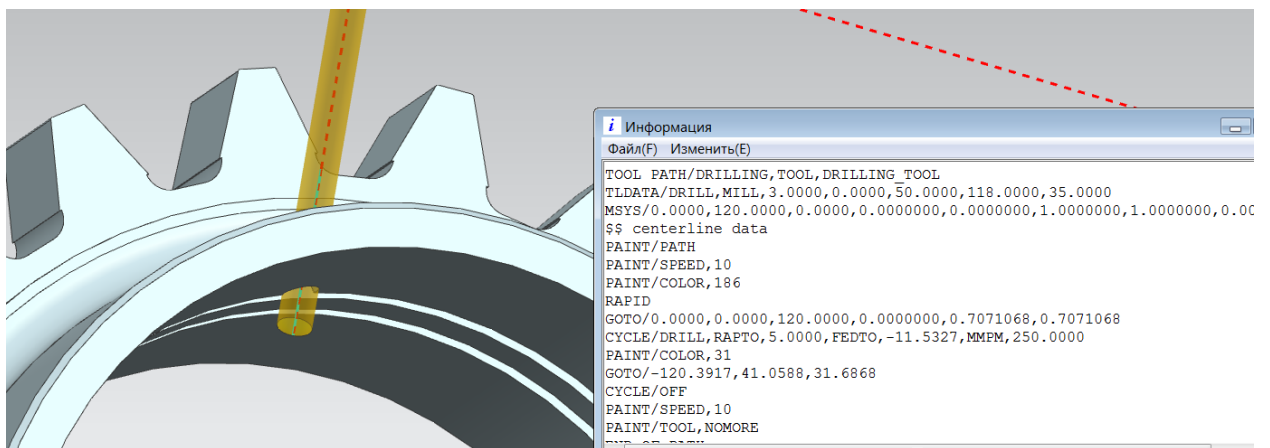


Рисунок 1.13 - Керуюча програма свердильної операції

1.9.3 Розробка фрезерної операції

Операція 060 Фрезерна

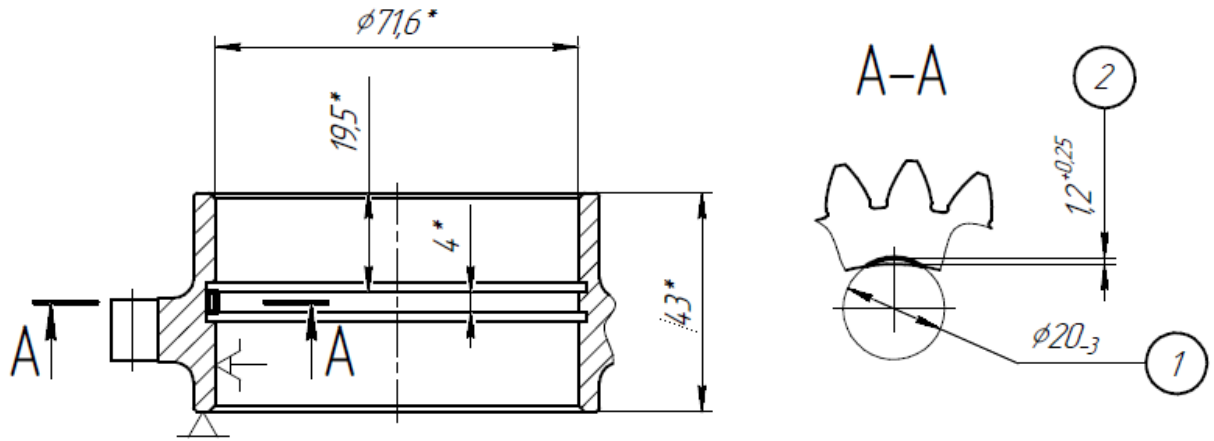


Рисунок 1.13 - Операційний ескіз фрезерної операції

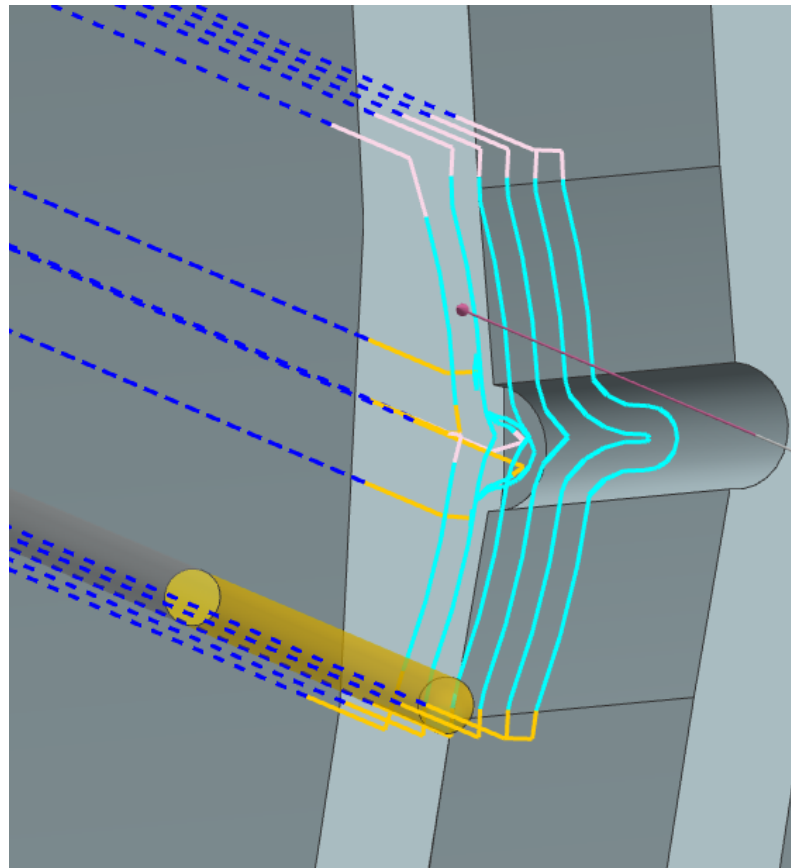


Рисунок 1.14 - Траекторія фрезерної операції

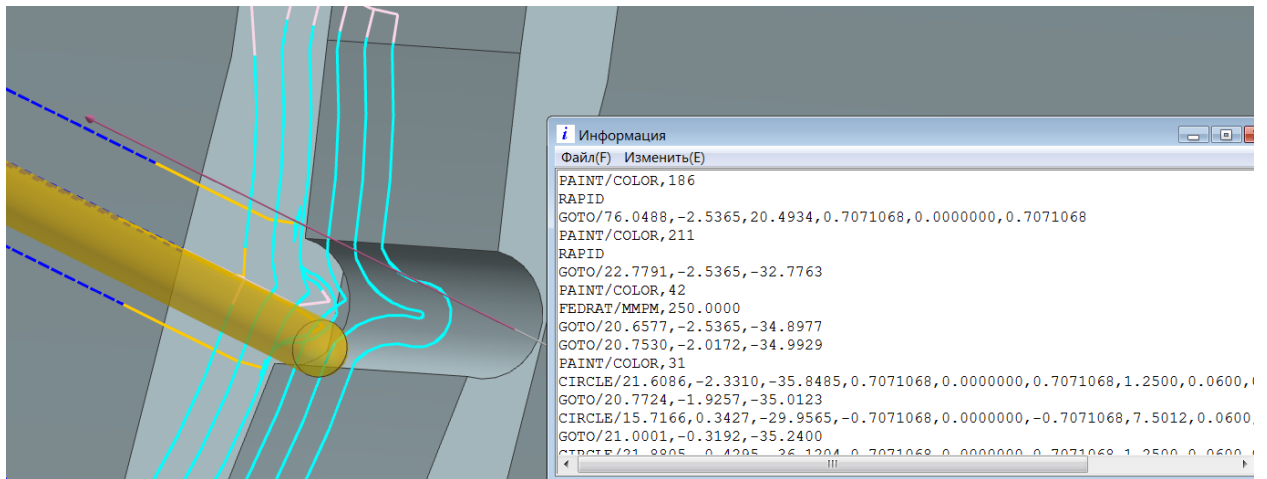


Рисунок 1.15 - Керуюча програма фрезерної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пневматичний пристрій для фрезерування зубів на зубофрезерному верстаті 53A30. З пристроєм по різі зв'язана наладка, на якій встановлюється та закріплюється обробляемі деталі.

Принцип дії цього пристрою наступний. Деталь встановлюються на наладці по внутрішньому діаметру. З верху шестерень одягається швидкозмінна шайба. Закріплення шестерень у наладці відбувається завдяки спеціальній гайці, що загвинчена у верхній частині наладки. Закріплення деталей для подальшої їх обробки на верстаті відбувається таким чином: стисле повітря від мережі через прийомник по отвору у корпусі подається у верхню робочу частину пневмоциліндру. Повітря давить на поршень і поршень зі штоком опускається. Шток має паз, в який входить плече важіля. Важіль має дві вісі. Лівою віссю він зв'язаний з самим корпусом пневмопристрою, а права вісь з'єднує важіль з тягою пристрою, верхня частина якої закінчується внутрішньою різзю по якій пристрій зв'язується з наладкою. Отже разом зі штоком плече важеля опускається, таким чином опускається і тяга, яка змушує гайку, що знаходиться у верхній частині наладки, тиснути на швидкозмінну шайбу, отже відбувається закріплення деталей.

Після закінчення обробки проводиться розкріплення деталей, яке відбувається таким чином: стисле повітря з робочої частини пневмоциліндру стравлюють в атмосферу потім перемикають рукояткою розподільчого пристрою і стисле повітря потрапляє у нижню частину пневмоциліндру, яке тисне на поршень і поршень зі штоком підіймається. Разом зі штоком підіймається і важіль разом з тягою, яка змушує підійматися гайку, що закріплювала деталі.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Методика розрахунку пристосування на точність базується на тому, що сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{\text{уст}}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування.

Похибка установки визначаємо за [9, табл. 71, с. 175] – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0,020$ мм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настановних елементів, їх зносу і установки пристосування на металорізальному верстаті.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.3)$$

де Δ_1 – похибка, обумовлена неточністю виготовлення настановних елементів;

$$\Delta_1 = T_{\text{y.c.}} = 0,003 \text{ мм [10].}$$

$\Delta_2 = 0,001$ мм – похибка залежить від величини допустимого зносу настановних елементів [10];

Δ_3 – похибка виникає при установці пристосування на металорізальному верстаті [10].

$$\Delta_3 = S_{\text{max}} \cdot \frac{L_{\text{обр}}}{L_{\text{пр}}}, \quad (2.4)$$

де $S_{\max}=0,1$ мм – максимальний зазор між пазом столу і шпонкою;

$L_{\text{пр}}=300$ мм – відстань між шпонками в пристосуванні;

$L_{\text{обр}}=20$ мм – довжина оброблюваної поверхні.

$$\Delta_3 = 0,1 \cdot \frac{20}{300} = 0,007 \text{ мм.};$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,003 + 0,001 + 0,007 = 0,011 \text{ мм.}$$

де $\varepsilon_{\text{настр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу настройки, $\varepsilon_{\text{настр}} = 0,001$ мм [10].

$\varepsilon_{\text{обр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від зносу ріжучого інструменту, геометричній неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД.

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7 \quad (2.5)$$

де $\Delta_4 = 0,001$ мм – величина допуску зносу ріжучого інструменту [10];

$\Delta_5 = 0,002$ мм – величина похибки залежить від геометричній неточності виготовлення металорізальних верстатів [10];

$\Delta_6 = 0,001$ мм – величина похибки залежить, від деформацій системи ВПД [10];

$\Delta_7 = 0,001$ мм – величина похибки залежить, від температурних деформацій системи ВПД [10];

Таким чином, похибка становить:

$$\varepsilon_{\text{обр}} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = 0,020 + 0,011 + 0,001 + 0,005 = 0,037 \text{ мм.}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір.

Величина допуску на розмір обробки становить $T=0,075$ мм, сума похибок $\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon = 0,037$ мм.

Дане пристосування дозволяє при обробці пазів витримати заданий розмір з допуском на нього $0,075$ мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Знаходимо необхідну силу затиску:

$$Q(l_1 + l_2) = Wl_1 \Rightarrow W = Q \frac{l_1 + l_2}{l_1} \cdot \eta, \quad (2.6)$$

де Q – зусилля на штоці приводу;

W – зусилля затиску деталі.

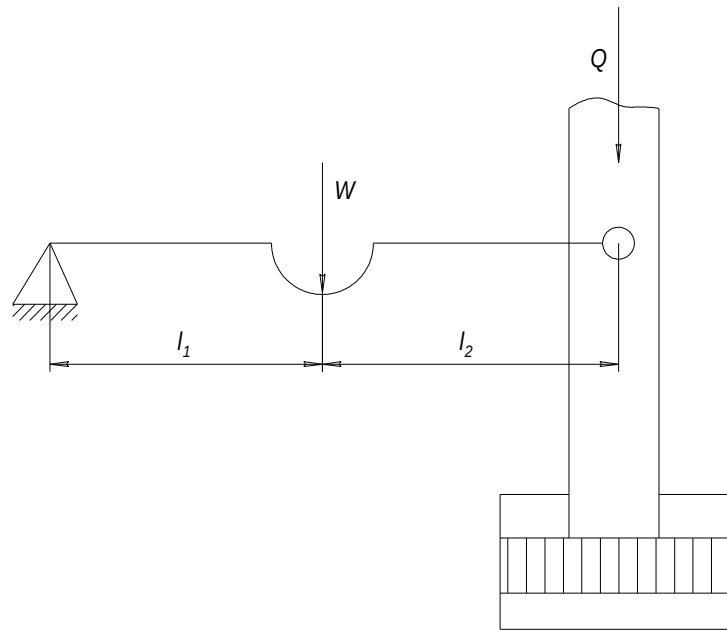


Рисунок 2.1 – Схема зусилля затиску

$$Q = Pz \cdot k, \text{ Н} \quad (2.7)$$

де Pz - сила різання

$$Pz = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 443 \cdot 10^{0,38} \cdot 0,8^{0,28} \cdot 35^{-0,05} \cdot 10}{72^{0,17} \cdot 220^{0,33}} = 7252 \text{ Н}$$

де C_p, x, y, n, q, w - коефіцієнти характеризуючі фрезерування;

t – припуск на обробку;

S – подача;

B – ширина фрезерування;

Z – кількість зубів фрези;

D – діаметр фрези;

n – частота обертання фрези.

$$Q = \rho \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho \eta}}, \quad (2.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7252 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 196 \text{ мм}$$

Приймаємо по ГОСТу $D = 260 \text{ мм}$, $d = 20 \text{ мм}$.

$$Q_o = \rho \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta, \text{ Н} \quad (2.9)$$

$$Q_o = \rho \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta = 0,4 \cdot \frac{3,14(200^2 - 40^2)}{4} \cdot 0,9 = 10852 \text{ Н}$$

$$W = Q \frac{l_1 + l_2}{l_1} \cdot \eta = 4705 \cdot \frac{40 + 60}{40} \cdot 0,9 = 10586 \text{ Н}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Дане пристосування (рис. 2.2) призначене для перевірки биття зубців.

На контрольно-вимірювальній плиті закріплюється корпус за допомогою болтів. Також на плиті кріпиться індикаторна стійка за допомогою болтів. Контрольована деталь одягається на оправку (установчий палець) і закріплюється на ній за допомогою кульки і пружини. Кулька, навантажена пружиною, рекомендований в тих випадках, коли забезпечується обов'язкове обертання деталі на пальці. Установчий палець кріпиться до поворотного столу за допомогою чотирьох болтів. Для забезпечення плавності обертання поворотного столу його нижній диск встановлюється на ролики. Конструкція поворотного столу встановлюється на вал, що кріпитися до поворотного столу болтами. Завдяки підшипникам кочення, який насаджений на вал, відбувається обертання поворотного столу щодо корпусу.

Після установки контрольованої деталі на оправку індикатор підводиться до деталі. Індикаторна стійка повертається таким чином, щоб закріплений на ній індикатор прийняв горизонтальне положення.

Індикатор повинен торкатися поверхні контрольованої деталі, після чого фіксується накатним гвинтом.

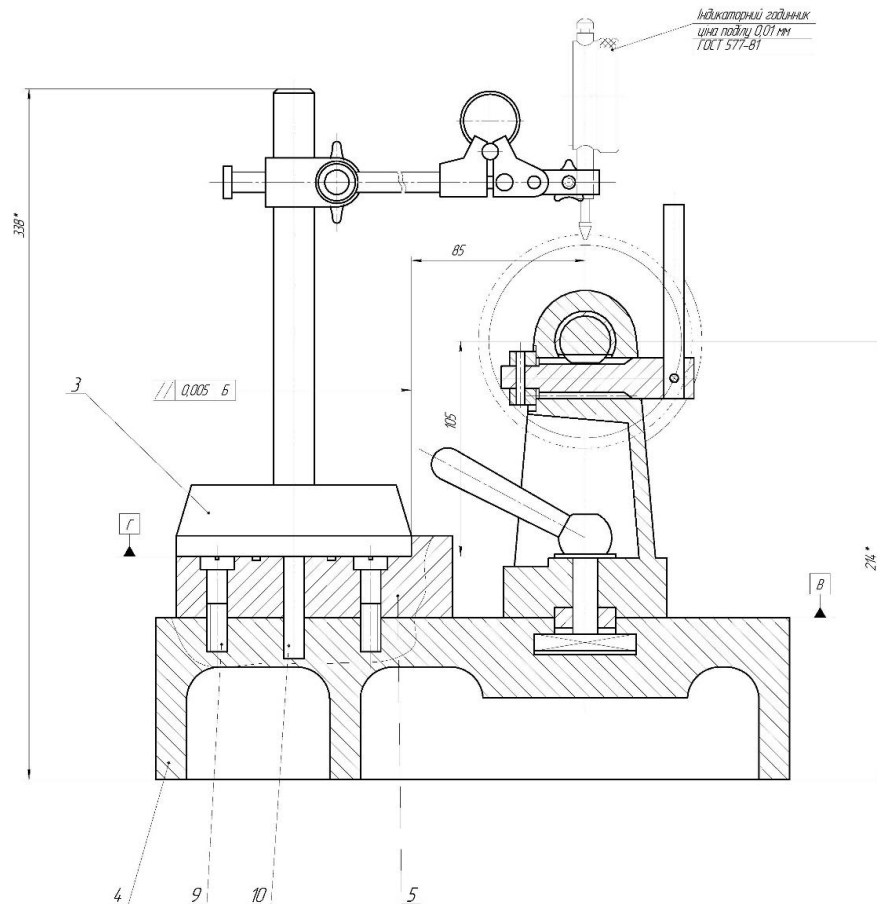


Рисунок 7.3 – Контрольний пристрій для перевірки биття зубців

Наконечник індикатора встановлюють на бічну поверхню зубчатого вінця, а індикатор встановлюють на нуль. У разі відхилення від круглості профілю розглянутого перерізу і відхилення його центру відносно базової осі стрілка індикатора отримує кутове переміщення, що відзначається індикатором. Пристосування готове для зняття показань.

Для зняття значення радіального биття необхідно повільно повертати контрольовану деталь.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАОКРУГЛЕНЬ ГОСТРИХ КРАЙОК ЗУБЦІВ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ПІСЛЯ ЗУБОФРЕЗЕВАННЯ

Видалення задирок зазвичай є предметом стурбованості, а часто і проблемою для інженерно-технічного персоналу виробничих підприємств. Багато інженерів мають звичай заявляти, що виготовлена деталь не має задирок. Це-міф. Деталь може лише мати досить невеликі задирки, щоб ними знехтувати-але вони є завжди [18].

3.1 Термічне видалення задирок (ТВЗ)

Термічне видалення задирок – це виробничий процес, що використовує теплову енергію для видалення задирок. Деталі перед операцією ТВЗ повинні бути ретельно очищені від слідів СОЖ, інгібіторів іржі і т. п. Деталі поміщаються в товстостінну камеру зі сталі розміром каструлю середнього розміру. За допомогою колінно-важільного механізму камера герметично закривається із зусиллям 250 тонн. В герметично замкненій камері під тиском закачується горюча газова суміш, зазвичай це метан і кисень. Потім за допомогою електричного запалювання газова суміш запалюється, відбувається потужний вибух. При вибуху за доли секунди виділяється велика кількість тепла, температура досягає декількох тисяч градусів за Фаренгейтом. Ця теплова енергія атакує всі тіла, що мають високий коефіцієнт відношення площі поверхні до маси тіла.

Не вдаючись в тонкощі наукового визначення, що є задиркою, під задиркою ми будемо розуміти небажаний вихід частини матеріалу на поверхню деталі в процесі механічної обробки. Для нас важливо, що

задирика завжди має високий коефіцієнт відношення площі його поверхні до його маси.

Тепер, знаючи, що таке задирок, ми можемо зрозуміти, що він сприймає тепло з обох своїх сторін. Тепло не може поширитися від задилок на основний матеріал, оскільки задирок дуже тонкий біля основи. Задирок дуже швидко окислюється,» вигоряє " до основного матеріалу. В результаті ми маємо, умовно кажучи, край матеріалу без задирки. Іноді для кращого пояснення процесу наводять такий приклад: якщо дуже швидко провести запаленою пропанового пальника вздовж передпліччя руки, то вигорять все волосся на руці, а шкіра залишиться без опіків.

Найважливішою особливістю ТУЗ є те, що робочим «агентом» тут виступає газова суміш. Будучи під тиском, цей агент щільно огортає всі поверхні деталі, включаючи найменші і глибокі отвори. Агент присутній навіть там, де задирок неможливо побачити! Таким чином забезпечується стовідсотково однакова ступінь видалення задилок на кожній деталі – адже це мрія будь-якого інженера, якому доводиться вирішувати цю задачу комплексно і з гарантованим результатом. Ніякий інший зі звичайних методів видалення задилок не дає такого високого ступеня сталості якості.

Тепловий удар супроводжується вибуховою хвилею. Тому може знадобитися оброблювані деталі закріпити так, щоб запобігти ударне пошкодження критичних поверхонь і кромek. Кріплення також може знадобитися для відводу тепла від тонких перегородок (у яких теж високий коефіцієнт відношення площі поверхні до маси тіла) або для поліпшення експозиції зовнішніх задилок, які інакше використовували б дотичні з ними інші деталі в якості поглиначів тепла. Деякі деталі – наприклад, чавунні корпуси великих клапанів, великі алюмінієві колектори – не вимагають закріплення. Невеликі деталі з внутрішніми задирами можна обробляти партіями (навалом). Ми говоримо «з внутрішніми задирками», оскільки зовнішні задирки можуть стикатися з сусідніми деталями, які будуть грати роль поглиначів тепла, і результати ТВЗ будуть незадовільними.

ТВЗ не змінює розмірів, чистоти поверхні або властивостей матеріалу деталі, якщо правильно підібрати кріплення. Причина в тому, що деталь піддається інтенсивному нагріванню лише на частки секунди. Не страждає також і якість різьб, оскільки нитка різьби широка в основі, і тепло легко переходить в основний матеріал деталі.

Горіння є звичайний термін для позначення швидкого окислення. Тому правильніше буде сказати: задирки швидко окислюються. Звідси очевидно, що продуктом цієї реакції буде оксид, що утворюється на поверхні деталі. ТВЗ деталей з алюмінію призводить до утворення оксиду алюмінію, зі сталі – оксиду заліза, з цинку – відповідно оксиду цинку і так далі. Місце локалізації утвореного оксиду матеріалу деталі – там, де був задирок. Зазвичай оксид потрібно видаляти з поверхні деталі. Після ТВЗ можуть знадобитися складні операції з видалення оксиду, з використанням спеціального обладнання і приміщення для утилізації промивної рідини і реагентів. Якщо ж деталі повинні бути піддані анодуванню, покриттю, термообробці, то зазвичай оксид не вимагає видалення після ТВЗ.

Ще одне важливе міркування по операціях очищення після ТВЗ. Зазвичай дуже важко отримати однакові задирки, не залежно від виду мехобработки. ТВЗ з усіх методів боротьби з задирками найбільш повно виконує своє основне завдання, але і ТВЗ не всесильно: особливо великі задирки можуть залишитися, коли дрібні задирки видалені. Якщо це відбувається, то не повністю «спалений» великий задирок залишається у вигляді частинок наплавів на поверхні деталі. Ці частинки можуть бути пов'язані з поверхнею матеріалу, особливо всередині деталі. Частково окислений задирок дуже схожий на бризки металу при зварюванні, які, природно, потрібно видалити. Обробка після ТВЗ дуже важлива, і може бути критичною в успіху або невдачі всього комплексу заходів з видалення задирок.

Застосування ТВЗ

ТВЗ знаходить широке застосування в різних виробничих процесах. Основними перевагами ТУЗ в різних галузях є:

- Стабільна собівартість;
- Можливість відмовитися від дорогої і неефективної ручної праці;
- Стабільність якості кожної деталі;
- Зниження виробничих витрат;
- Підвищення якості та надійності виробів.

Окремі галузі використовують і інші переваги ТВЗ, приклади яких описані нижче.

ТВЗ широко використовується у виробництві промислових гвинтів. Багато деталей проходять фрезерування або свердління в або через різьбові внутрішні і зовнішні поверхні. ТВЗ дозволяє позбутися задирок всередині і навколо різьблення без шкоди самій різьбі, як це часто буває при ручному видаленні задирок. Виробництво гвинтів, як правило – масове, і великий обсяг виробництва тільки посилює негативний ефект ручної праці, оскільки оператор швидко втомлюється від монотонної роботи. При ТВЗ газ ніколи не втомиться – остання деталь в денній партії буде мати таку ж якість, що і перша. Не залежно від того, латунь це або алюміній, нержавіюча або легована сталь, або ж пластик.

Ще одна галузь для прикладу: лиття під тиском алюмінію або цинку. Інженери, зайняті в процесі отримання деталей методом лиття під тиском або лиття в кокіль, зазвичай стурбовані видаленням задирок та облоя з деталей. Зазвичай це робиться вручну, потім деталі проходять віброобробку в галтувальних барабанах. Обидві ці операції прекрасно може замінити ТВЗ (див. рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Термічне видалення задирок (приклади)

Виробництво пневматики і гідравліки – ще одна галузь, де з успіхом застосовується туз. Для проходження рідини чи газу під тиском через пересічні отвори надзвичайно важливо, щоб на шляху не було ніяких задирок. Відірваний задирок може привести до найсумніших наслідків при роботі системи в польових умовах. Як було сказано вище, газ оточує всі поверхні, в тому числі і задирки, причому навіть в горезвісних магістралях типу «швейцарський сир», і саме цим пояснюється здатність туз повністю видаляти задирки. За допомогою твз видаляють задирки в золотниках, гільзах, корпусах клапанів, розподільниках та інших деталях (див. рис 3.2 і 3.3). Корпуси клапанів з чавуну – відмінні кандидати для твз. У таких корпусах чудово видаляються не тільки задирки, але і вкраплення формувального піску і інші домішки на поверхні корпусу, залишаючи чисту поверхню без задирок, піску і стружки, що недосяжно ніяким іншим методом, крім ТВЗ.



Рисунок 3.2 – Приклади деталей видалення задирок



Рисунок 3.3 – Видалення задирок(різні деталі)

Список галузей, де застосовується ТВЗ, постійно розширюється в міру поширення знання про цей метод. Однією з таких галузей нещодавно стало виробництво термопластичних мас. ТВЗ не замінить собою всі методи

видалення задирок, такого завдання не ставиться. Більше того, для досягнення кращих результатів ТВЗ часто використовується в комбінації з іншими методами. ТВЗ сьогодні – ще один метод в арсеналі інженерів для використання конкретних виробничих завдань.

При розробці техпроцесів для нового продукту конструктори і дизайнери намагаються використовувати можливості наявного обладнання. Оскільки ТВЗ є виробничим процесом, дуже важливо вже на стадії підготовки проекту враховувати всі можливості цього методу. Якщо на початку розробки нового виробу вдатися до консультацій спеціаліста з ТВЗ, то буває досить ввести мінімальні зміни в проект і на виході мати істотне скорочення витрат і витрат на фінішні операції без погіршення форми, властивостей або працездатності нового виробу.

3.2 Обмеження в застосуванні термічного видалення задирок.

ТВЗ ефективний майже для всіх матеріалів, але, як і всякий інший виробничий процес, для якихось матеріалів ТВЗ підходить ідеально, а для якихось-то лише частково. Як вже говорилося вище, задирок повинен сприймати тепло з обох своїх сторін, щоб набрати достатню температуру для окислення. Ці дві найважливіших умови для роботи ТВЗ – поглинання тепла і окислення – можуть не діяти в матеріалах, що погано піддаються окисленню або мають надто високу теплопровідність (тобто коли задирок приймає тепло і швидко передає його матеріалу деталі). Іноді кращого результату допомагає досягти підвищення рівня переданої енергії, наприклад, це буває необхідно для мідних сплавів і нержавіючих сталей. Традиційно, ці два матеріали не завжди легко обробляються. Говорячи про обмеження ТВЗ, не можна обійти, на жаль, магній. Тут доведеться попередити, що для цього матеріалу все, що може нагадувати задирок, буде знищено без залишку.

3.3 Електрохімічне видалення задирок (EXB3).

Електрохімічне видалення задирок (EXB3) – це локальний процес видалення задирок, що використовує електричну енергію для видалення задирок в конкретному місці на деталі – на відміну від ТВЗ, при якому обробці піддається вся деталь повністю. Оброблювана деталь встановлюється на неметалеву основу і в безпосередній близькості до задирок розташовується електрод. Деталь – анод, заряджається позитивним зарядом, а електрод – негативно заряджений катод. У зазор між задирок і електродом під тиском подається розчин електроліту. Перед включенням самого процесу потік електроліту видаляє з поверхні деталі налиплу або не до кінця сошедшую стружку, яка може викликати коротке замикання на деталь і пошкодити таким чином її поверхню, а також устаткування або обладнання. При розчиненні задирок формується контрольований радіус. EXB3 має абсолютно чудову повторюваність від деталі до деталі, від партії до партії.

Для EXB3 завжди необхідна кріпильна оснастка. Зазвичай це пластиковий тримач для фіксації деталі та ізоляції областей, які не повинні потрапити під дію EXB3. Електрод високої провідності має задану форму, яка підходить під контур і розміри оброблюваної ділянки деталі. Потік електроліту може йти від власника або через електрод, залежно від особливостей технології, розрахованої відповідальним інженером-технологом. Точне управління процесом здійснюється за допомогою зміни напруги в ланцюзі, потоку електроліту і часу циклу.

При EXB3 відбувається зміна розмірів деталі, але тільки в тому сенсі, що при видаленні задирок залишається заданий радіус. Така зміна розміру деталі зазвичай є бажаним і заздалегідь планується. EXB3 обробляє лише ті ділянки поверхні деталі поблизу від електрода, які необхідно обробити – за умови, що була ретельно продумана і правильно використана кріпильна оснащення. Як вже говорилося, держатель повинен забезпечити захист

критичних областей або поверхонь, наприклад різьб – хоча ЕХВЗ також надзвичайно добре справляється з видаленням задирок з різьб після фрезерування або свердління по різьбі

ЕХВЗ ефективний на всіх струмопровідних матеріалах. Два матеріалу, про які йшлося у розділі «Обмеження в застосуванні термічного видалення задирок», а саме нержавіючі сталі і мідні сплави, показують чудові результати при застосуванні ЕХВЗ. Іноді для отримання оптимальних результатів і найвищої якості використовується комбінація обох методів-ТВЗ і ЕХВЗ.

Як і ТВЗ, ЕХВЗ є одним із засобів в арсеналі сучасного інженера. Ось основні переваги при використанні ЕХВЗ:

- Стабільна собівартість виробництва;
- Можливість відмовитися від дорогої і неефективної ручної праці;
- Стабільність видалення задирок з кожної деталі;
- Зниження виробничих витрат;
- Підвищення якості та надійності виробів.

Крім того, ще однією важливою перевагою методу ЕХВЗ є якраз той самий контрольований радіус. Саме він може бути вирішенням проблеми видалення задирок і гострих кромek з внутрішніх діаметрів пересічних отворів в клапанах. Саме радіус, що утворюється при ЕХВЗ, може виключити пошкодження еластомерного ущільнювача при складанні або експлуатації клапана. Те ж відноситься і до замонолічених каналів.

ЕХВЗ також з успіхом застосовується у виробництві рухомих частин вимірювальних приладів прямої дії. При фрезеруванні зубчастих коліс механізму утворюються задирки, які необхідно видалити, не пошкодивши при цьому тонку евольвенту шестерні. З цим завданням прекрасно справляється ЕХВЗ. Крім основного завдання з видалення задирок ЕХВЗ також покращує якість поверхні ЗК, зменшуючи при цьому похибка зазору і гістерезис. Те ж саме можна сказати і про застосування ЕХВЗ для обробки шестерень в інших галузях.

ЕХВЗ і ТВЗ знаходять застосування у виробництві сучасних озброєнь і боєприпасів, де пред'являються особливі вимоги до якості і точності. Тут ці вимоги зведені в абсолют, оскільки боєприпас повинен спрацювати один раз, і іншої спроби не буде. При цьому спрацювання має відбутися в умовах найсильніших навантажень на механізми виробу. Сили, що виникають при впливі неймовірних швидкостей і прискорень, приводять в дію сам механізм, але вони ж можуть стати причиною катастрофічного збою, якщо з поверхонь ковзання, індексації або обертання не були ретельно видалені всі задирки. Або ж один-єдиний невдалий задирок або частина не повністю віддаленого задирок може зірватися з нерухомого органу механізму і уповільнити, а то і повністю заблокувати рух рухомого органу дуже точного вузла. Тут на допомогу інженеру приходять ЕХВЗ і ТВЗ.



Рисунок 3.4 – Електрохімічне видалення стружки (приклади).

Як вже зазначалося, ЕХВЗ застосовується для всіх струмопровідних матеріалів. Звідси головне обмеження: пластик обробити цим методом

неможливо. Інші обмеження не настільки категоричні, а є обмеженнями лише за розмірами задирок та оброблюваної деталі. З розмірним обмеженням рішення залишається за технологами: тільки після ретельного розгляду всіх параметрів деталі інженер може судити про те, чи можливе застосування EXB3, і яка його доцільність.

Останнє обмеження стосується конструкції кріпильної оснастки. Може знадобитися складна і дорога оснастка, тому до прийняття рішення про доцільність застосування EXB3 необхідно буває виконати чимало розрахунків і випробувань.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

4.1 Характерні ознаки основних дефектів деталей

Виникнення найбільш типових дефектів деталей авіаційної техніки є результатом їх зносу через тертя, корозії, термомеханических впливів і ін. Як правило, руйнування відбувається при одночасному декількох із зазначених факторів.

Знос при терті деталей проявляється в руйнуванні і відділенні матеріалу на поверхні тертя і призводить до поступової зміни розмірів, форми і стану поверхні деталей. Залежно від умов роботи пар тертя і характеру руйнування поверхні розрізняють наступні види зносу при терті: окислювальний, знос захоплюванням, абразивний, втомний, осповідного, корозійно-механічний..

4.1.1 Окислювальне зношування

Окислювальний знос є допустимим і найбільш поширеним. Він може виникати при терті ковзання і терті кочення в умовах сухого контакту і при обмеженій мастилi. Процес окислювального зносу полягає в насиченні поверхні металу киснем і утворення тендітних найтонших окислів, які при роботі пар тертя руйнуються і фарбували у вигляді порошкоподібних частинок оксидів металу. Інтенсивність зношування при окислювальному зносі складає 0,1-0,5 мкм / год.

4.1.2 Знос захоплюванням

Знос захоплюванням є небезпечним і неприпустимим видом зносу. Він характерний для деталей, що працюють в складних умовах, - при підвищених швидкостях, великих питомих навантаженнях, високих температурах і т.д. Наприклад, в авіаційних деталях захоплювання може виникати в 30% поверхонь деталей, що труться.

Захоплювання виникає в тому випадку, коли напруга в місцях фактичного контакту пар тертя перевищує межу текучості металу і відбувається його пластичне деформування. При цьому на ювенільних ділянках (ділянки із зруйнованими захисними плівками оксидів, адсорбованих газів і рідин) можливе утворення металевих зв'язків, аналогічних міжатомним зв'язків в суцільному металі.

При захоплюванні зазвичай відбувається глибинний вирив частинок менш міцного металу в місцях виникнення металевих зв'язків і перенесення металу з однієї поверхні тертя на іншу. Подальше переміщення ділянки з налиплим металом сполученої деталі викликає дряпання і місцеве руйнування сполученої поверхні.

Різновидом зносу захоплюванням є знос при заїдання, який зазвичай виникає в умовах сухого тертя при великих питомих навантаженнях і малих швидкостях відносного переміщення, що призводять до інтенсивного розігріву деталей, що труться. Заїдання в деяких випадках може привести до припинення відносного переміщення тертьових поверхонь. Заїдання, як правило, передуює поява на поверхнях, що труться задирів у вигляді широких і глибоких борозен в напрямку ковзання.

Інтенсивність зносу при заїдання найбільша в порівнянні з іншими видами зносу (більше 3 мкм / год).

4.1.3 Абразивний знос

Абразивний знос відбувається через потрапляння в зону тертя абразивних частинок, твердість яких найчастіше вище, ніж у металів, і полягає в руйнуванні поверхні деталей, що труться шляхом пластичної деформації, мікроцарапанія і мікрорізання. Абразивний знос нерідко супроводжується захопленням на оголених ділянках. Попадання абразивних частинок в точні пари тертя може привести до заклинювання і відмови агрегату.

Інтенсивність абразивного зносу залежить головним чином від розмірів і форми абразивних частинок і від співвідношення механічних властивостей абразивів і труться металів. Швидкість зношування становить 0,5-5 мкм / год.

4.1.4 Втомне зношування

Втомний знос поверхні характерний для деталей, що працюють в умовах кочення (підшипники, зубчасті колеса, шестірні і т.д.), при виникненні знакозмінних напружень в поверхневих шарах. основними ознаками усталостного зносу є:

- напруження стиску і зсуву, що виникають під дією передається зусилля при одночасному коченні і ковзанні;
- залишкові напруження, що виникли в результаті неякісної механічної обробки деталі (наприклад, шліфуванні) і динамічного деформування в процесі експлуатації деталі.

Зовнішніми ознаками усталостного зносу поверхні є тріщини, відшарування, викришування матеріалу (осповідного знос). З поверхні тертя матеріал відшаровується в формі лусочок.

Осповідного знос (піттинг), що є окремим випадком усталостного зносу, виникає в результаті утворення на поверхні тертя мікротріщин, які сходяться в одну точку, і потім в таких точках відбувається викришування матеріалу з утворенням одиничних і групових западин у вигляді віспинами.

4.1.5 Корозійно-механічне зношування

Корозійно-механічне зношування (фретинг-корозія) характерний для деталей, що працюють в умовах мікропереміщень дотичних поверхонь відносно один одного, в умовах вібрацій. Так, напри-заходів, фретинг-корозія може зустрічатися на ділянках пресової посадки втулок на вал, в місцях торкання листів в клепаних і болтових з'єднаннях, в шліцьових з'єднаннях, в обіймах шарикопідшипників і дру-гих зчленуваннях.

Причиною фретинг-корозії є втомні поверхневі руйнування, створюють сприятливі умови для протікання електро-хімічних корозійних процесів.

4.1.6 Корозійне руйнування

Корозійне руйнування – це руйнування поверхні деталей в результаті хімічного або електрохімічного взаємодії із зовнішнім середовищем.

Корозійні пошкодження є поширеними і небезпечними дефектами. Оскільки прояви корозії дуже різноманітні, існує кілька способів її класифікації: за характером протікання корозійних процесів, за особливостями впливу зовнішніх агресивних чинників, за зовнішнім виглядом коррозійних руйнувань.

За характером протікання корозійних процесів розрізняють:

- хімічну корозію, що протікає в агресивних середовищах, які є діелектриками (гази, мінеральні масла, спирти, гідросуміші і т.д.), в результаті безпосередньої хімічної взаємодії металу з навколишнім середовищем;

- до електрохімічної корозії, яка виникає в електролітах при контакті металів або структурних складових сплаву, що відрізняються електродним потенціалом.

За характером впливу зовнішніх факторів виділяють такі види корозії:

- атмосферну, вражаючу деталі, схильні до дії атмосферних опадів, агресивних газів; атмосферна корозія протікає, як правило, під тонкими плівками електроліту (найбільш інтенсивно піддаються корозії авіаційні сплави в морській атмосфері);

- рідинну корозію, що вражає деталі гідравлічних, паливних, масляних і інших рідинних систем;

- газову корозію, що розвивається в середовищі гарячих газів і характерну для деталей двигуна;

- корозію під напругою, що розвивається при одночасному впливі корозійного середовища і статичних або динамічних навантажень.

За зовнішнім виглядом корозійних руйнувань прийнято розрізняти такі види корозії:

- суцільну, що охоплює всю поверхню металу; суцільна корозія може бути рівномірною, тобто протікає з однаковою швидкістю по всій поверхні металу, або нерівномірною, тобто з неоднаковою глибиною корозії на різних ділянках;

- місцеву, що охоплює окремі ділянки поверхні металу; до місцевої корозії відноситься точкова (у вигляді дрібних точок) і виразкова (у вигляді окремих глибоких раковин) корозія;

- межкристалітну, розвивається по межах зерен в результаті електрохімічної взаємодії зерна (катод) і межі зерна (анод);

- інтеркрісталлітну, що поширюється через окремі кристали (інтеркрісталлітна корозія характерна для випадку корозії під напругою);
- підповерхневому, що зароджується на поверхні, але поширюється під шаром металу таким чином, що продукти корозії виявляються зосередженими в деяких областях всередині металу.

4.1.7 Ерозійне руйнування

Ерозійне руйнування - це процес поверхневого руйнування матеріалів під впливом рухається зовнішнього середовища. Ерозія металів спостерігається при обтіканні їх поверхні потоком газоподібних, рідких або твердих частинок, а також при електричних розрядах.

Процес ерозії істотно інтенсифікується при підвищеній температурі і впливі хімічно активних середовищ.

Розрізняють такі види ерозії: газову, рідинну, абразивну і електричну.

Газова ерозія виникає внаслідок впливу потоку, що рухається газових молекул на поверхню матеріалу і руйнування тонкого поверхневого шару. Найбільш схильні до газової ерозії передні кромки несучих поверхонь надзвукових літальних апаратів (ЛА), робітники і соплові лопатки газових турбін, жарові труби камер згоряння і багато інших деталей гарячого тракту авіадвигунів.

Механічні і теплові ефекти, властиві гарячої газової ерозії, аналогічні ефектам, що спостерігаються при абляції.

Абляція - це процес руйнування неметалічних матеріалів, що супроводжується винесенням їх маси, під впливом аеродинамічного нагріву і високотемпературних газів. Абляція - це результат сумарного впливу механічних сил, тепла і агресивних середовищ потоку.

Рідинна ерозія - це руйнування поверхневого шару матеріалів молекулами рідини, що рухається. Найбільш ймовірними місцями ерозійного руйнування є завужені перетину гідросистем, ділянки зміни швидкості та напрямку потоку, ділянки динамічного впливу потоку (деталі насосів, запірні крани, клапани і т.д.).

Окремим випадком рідинної ерозії є кавітаційна ерозія, яка спостерігається при впливі на поверхню матеріалів парог-зових бульбашок.

Абразивна ерозія має багато спільного з абразивним зносом тертьових поверхонь.

Руйнування вважається ерозійним, якщо абразивні частинки знаходяться в підвішеному стані в струмені рідини або газу і впливають на поверхню матеріалу спільно з середовищем носієм.

Абразивної ерозії схильні повітрязабірники, деталі газоповітряного тракту ГТД, лопаті гвинтів і інші деталі ЛА, експлуатованих на невідготовлених аеродромах.

Електрична ерозія обумовлена плавленням і випаровуванням металів під впливом електричних розрядів. Вона супроводжується, як правило, перенесенням металу з одного електрода на інший і утворенням кратерів і наростів на поверхнях, між якими відбувається розряд. електрична ерозія характерна для ковзних і розривних контактів електричних ланцюгів (колекторні кільця, вимикачі, реле і т.д.).

4.1.8 Втомні руйнування

Втомні руйнування - є наслідком поступового накопичення мікроруйнування матеріалу під дією повторно-змінних напружень. Мікроруйнування сприяють зародженню тріщин при напругах нижче межі текучості. Тріщини утворюються переважно на поверхні деталі незалежно від

того, чи був спосіб навантаження пов'язаний з поверхневими напруженнями (як при зносі) чи ні. Втомні тріщини частіше виникають в місцях концентрації напружень (галтелі, шпонкові канавки, отвори і т.д.).

За зовнішнім виглядом усталостная тріщина на ділянці зародження має зигзагоподібну форму, а на ділянці розвитку переходить в магістральну тріщину - більш плавну. На деталі в районі тріщини відсутні сліди пластичної деформації (зміна форми і розмірів).

При втомному навантаженні значно підвищується чутливість матеріалу до стану поверхні, наявності структурних неоднорідностей, поверхневої (смачивающей) активності робочого середовища, корозійного і теплового впливу.

Розрізняють такі види втомного руйнування:

- від повторно-змінних механічних навантажень (в тому числі аеродинамічних, акустичних і ін.);
- корозійну втому, що виникає при одночасному віз-дії повторно-змінних механічних навантажень і корозійно-активної середовища;
- термомеханічну втома, обумовлену зниженням межі втоми матеріалів при підвищених температурах.

Від повторно-змінних температурних впливів виникають відповідні повторно-змінні напруги, що викликають втому матеріалу.

4.1.9 Термічні пошкодження

Термічні пошкодження є наслідком місцевого перегріву, як правило, тонкостінних деталей авіаційних конструкцій. Залежно від ступеня перегріву, конструкції деталі і умов їх роботи місцевий перегрів може призводити до пластичних деформацій, тобто порушення форми деталей (викривлення) або навіть до утворення тріщин і руйнування.

4.1.10 Механічні пошкодження

Механічні ушкодження можуть бути наслідком недбалої експлуатації, аварій, поломок і бойових ушкоджень. Механічний вплив на деталь може привести до забоїнам, подряпин, ризикам, деформацій, тріщин і руйнувань.

Зовнішнім ознакою механічного пошкодження є наявність слідів пластичної деформації і різання на деталі.

4.1.11 Природне старіння матеріалів

Природне старіння матеріалів - це зміна з плином часу структури і властивостей матеріалів під дією навколишнього середовища. старіння характерно для таких неметалічних матеріалів, як лакофарбові плівки, гуми, конструкційні та електротехнічні пластмаси. Старіння є результатом фізико-механічних процесів, швидкість яких істотно зростає при підвищенні температури, дії окислювачів і сонячної радіації. Старіння лакофарбових покриттів проявляється у вигляді омелення, втрати блиску, охрупчivanja і появи дрібної сітки тріщин. Старіння гум супроводжується втратою еластичності, охрупчивание, а при розтягуванні - дрібної сітки тріщин. Старіння пластмас виявляється по погіршення механічних і діелектричних характеристик.

4.1.12 Інші дефекти

До інших дефектів відносять такі технологічні дефекти:

- шліфувальні тріщини,
- дефекти лиття,
- дефекти пластичної деформації,
- дефекти термообробки,
- дефекти покриттів і ін.

Причиною появи шліфувальних тріщин є порушення режимів шліфування, що веде до надмірного тепловиділення на по-поверхні оброблюваної деталі.

Ознаки шліфувальних тріщин:

- розташовуються на поверхні незалежно від наявності концентратора;
- число їх зазвичай велике, розташовуються вони групами паралельно один одному і перпендикулярно напрямку обробки.

Дефектами лиття є усадочні раковини, рихлоти, неметалеві включення, ликвації і ін. Вони виникають при порушенні технології виготовлення форм і режимів лиття.

Дефекти пластичної деформації (волосовини, розшарування, закови, надриви, полон і ін.) Найчастіше є наслідком порушення темпі-ратурних режимів пластичної деформації.

Порушення режимів термічної обробки може призвести до обра-тання сітки міжкристалічних тріщин (гартівні тріщини). Кувальні, штампувальні, зварні, а також гартівні тріщини мають вигляд різко окреслених ламаних ліній з щільним осадженням порошку при магнітному контролі або контрастних червоних ліній при кольорової дефектоскопії.

Неякісна підготовка поверхні деталі під будь-які види покриттів і порушення режимів процесу покриття можуть привести до лущення, спучуванню, сповзання або відшаровування їх. Не слід плутати даний дефект

з процесом корозії під покриттями через неякісних матеріалів, який також викликає спучування і місцеве відшаровування покриття.

4.2 Методи визначення технічного стану деталей

Для визначення дефекту слід проаналізувати прийнятні методи неруйнівного контролю і вибрати найбільш оптимальний.

Різноманітність використовуваних в експлуатації та ремонті методів пояснити його-вується широтою поставлених завдань і обмеженими технічними можливо-стями кожного з методів. Гранично досяжна чутливість МНК при їх застосуванні вказана в табл. 4.1.

В даний час в експлуатації та ремонті для контролю деталей ЛА застосовують такі методи неруйнівного контролю (МНК): магнітно-порошковий, капілярний кольоровий, ультразвукової, імпеданс-ний акустичний, струмовихровий, оптико-візуальний, рентгенівський.

Всі методи, за винятком оптико-візуального, є методами непрямого (непрямого) контролю. Рентгенівський метод фахівці експлуатируючих підрозділів не застосовують. Контроль рентгенівським методом виконують промислові бригади або спеціальні подразделения авіації.

4.2.1 Магнітно-порошковий метод

Є основним для контролю деталей з магнітних сталей. Він дозволяє виявити поверхневі дефекти, відрізняється високою чутливістю і достовірністю, простотою і універсальністю методик контролю (за результатами контролю можна точно встановити місце і протяжність

дефекту), дає можливість фотографувати малюнок дефекту або знімати дефектограми.

До недоліків методу відносяться:

- необхідність видалення захисних покриттів товщиною більше 0,03 мм;
- можливість попадання частинок магнітного порошку в підшипники, прецизійні зчленування;
- складність розмагнічування деяких вузлів і в разі неповного розмагнічування деталей можливість їх впливу на датчики курсових індикаторів і на зношування сполучень;
- складність в деяких випадках розшифровки результатів контролю.

4.2.2 Магнітно-порошковий метод

Застосовують для перевірки деталей в основному з немагнітних матеріалів з метою виявлення їх відкритих поверхневих дефектів. Він дозволяє контролювати деталі складної форми відразу по всій поверхні. Метод відрізняється високою чутливістю і роздільною здатністю, наочністю результатів, за якими можна точно встановити місце розташування дефекту, його протяжність, а часто і вид; універсальністю основних технологічних операцій при контролі різних за формою деталей; дає можливість знімати дефектограми або фотографувати малюнок виявлених дефектів.

До недоліків методу відносяться:

- необхідність видалення залитих покриттів і забруднень;
- велика трудомісткість контролю;
- велика тривалість процесу контролю (1,5-4 години до виявлення дефектів);
- низька достовірність при негативних температурах;

- низька достовірність контролю сталевих і магнісвих деталей (без спеціальних способів очищення);
- малий контраст малюнка при контролі деталей з темною поверхнею;
- чутливість до точності виконання технологічних операцій.

На підприємствах, що експлуатують авіаційну техніку, застосування кольорового методу обмежена.

Таблиця 4.1 – Гранично досягається чутливість МНК. Рекомендована апаратура для застосування її в експлуатації та ремонті

Методи неруйнівного контролю	Мінімальні розміри тріщин, що виявляються			Рекомендована апаратура	
	Ширина розкриття біля виходу на поверхню	Глибина	Протяжність поверхні деталі	Для польових умов	Для ремонтних органів
Оптико-візуальний	0,005-0,01	-	Близько 0,1	Лупи типу ПП1-1, ЛА-3, ЛИ-3, ЛИ-4, БЛ-2. Мікроскопи: МИР-1М, МИР-2. Прилади: РВП-457, РВП-473	Мікроскопи: МПБ-2, МБС-1, МБС-2, МИР-2, МИР-1М, Ц-20, ЭГ-12-1
Капиллярно-цветной	0,001-0,03	0,01-0,1	0,1-0,3	ДМК-4	ДМК-4, УДМК-5
Люминесцентный	0,001-0,03	0,01-0,1	0,1	ПЛУ-2	ЛД-4, ЛЮМ-1, ПЛУ-2
Магнитно-порошковый с магнитной суспензией	0,001-0,01	0,01-0,05	0,3	77ПМД-3М, ПМД-70	У-601-64, УМДЭ-2500, ПМД-70
Рентгеновский	0,1	1,5-3% від товщини деталі, що просвічується	0,1	-	РУП-60-20-1М, ИРА-2Д, РУП-100-5-1

Продовження таблиці 4.1

Просвічування гамма-променями	0,1	1,5-4% від товщини деталі, що просвічується	2-3	-	РИД- 31(32,33), ГУП-СО-5- 1, РИД-11
Ультразвуковий	0,001- 0,03	0,1	1,0	УЗДЛ- 61-2М	ДУК-6Б, УЗДЛ-61- 2М
вихрострумний	0,0005- 0,001	0,15	1,5-5	ВДЛ- 2М, ВДЦ-1, ДНМ- 500	ВДЗЛ-64, ВДЦ-1, ЭМИД-8, ДНМ-500, ЭДМ-66
Акустичний імпедансний	-	-	Мін. площа дефекту 15 мм ²	ИАД-2, ИАД-3	ИАД-2, ИАД-3

4.2.2 Ультразвуковий імпульсний метод

Ультразвуковий імпульсний метод знаходить все більш широке при-
трансформаційних змін при експлуатаційному контролі. Їм перевіряють
лопатки турбін і компресорів, вали, лопаті повітряних гвинтів, рами, скоби,
та ін. Ме-тод дозволяє виявляти з високою чутливістю поверхневі,
підповерхневі і внутрішні дефекти, має високу продуктивність.

Недоліками цього методу є:

- необхідність розробки спеціальних методик, вишукувальних го-
спритний для кожного типу деталей і матеріалу;
- відносна складність розшифровки результатів контролю визначення
місця і виду дефекту;
- відносна складність, а в ряді випадків неможливість контролю деталей
складної форми;
- відсутність наочності результатів контролю.

4.2.3 Акустичний імпедансний метод

Застосовують для виявлення непокля між обшивкою і сотовим наповнювачем лопатей гвинтів вертольотів, інтерцепторів, закрилків, керма повороту і крильових притискних щитків.

4.2.4 Метод вихрових струмів

Дозволяє виявляти тільки поверхневі і підповерхневі дефекти. Використовується в експлуатації в основному для контролю деталей з немагнітних матеріалів: лопаток турбін і компресорів, лопатей повітряних гвинтів. Для контролю не потрібно видаляти захисні покриття і не обов'язковий механічний контакт датчика з перевіряється деталлю. Метод вихрових струмів в порівнянні з кольоровим методом дозволяє виявляти малораскрытие тріщини, дефекти, перекриті металевими «містками», відрізняється незначною трудомісткістю.

Недоліками методу є:

- залежність чутливості від розмірів датчиків, в зв'язку з чим вона нижча, ніж чутливість (по довжині і глибині дефекту) магнітного, кольорового і ультразвукового методів;
- відсутність наочності результатів контролю;
- висока трудомісткість ручного контролю великих поверхонь перевіряються деталей;
- складність контролю деталей з магнітних матеріалів через значного впливу на його результати магнітної неоднорідності сталі.

4.2.5 Оптико-візуальний метод

Характеризується низькою чутливістю при визначенні дефектів типу несплошності. Він дозволяє виявляти великі розкриті тріщини (шириною 0,1-0,01 мм), механічний знос, поверхневу корозію і ерозійні пошкодження, пробоїни, обриви, залишкову деформацію, порушення цілісності захисних покриттів, наявність на деталях відкладень і забруднень, течії в системах і т.д.

Для контролю деталей, розташованих в важкодоступних місцях, найбільш придатні оптико-візуальний, струмовихровий і ультразвукової методи.

4.2.6 Рентгенівський метод

Застосовується в експлуатації при цільових оглядах і розслідуванні причин відмов на авіаційній техніці. Дозволяє оцінити розташування і цілісність внутрішніх деталей у вузлах і агрегатах. Їм також виявляють корозію на прихованій поверхні балонів, елементів силового набору, розкриті тріщини, внутрішні несплошності у вигляді рихлоти, непрова-рів, наявність сторонніх предметів.

Недоліками методу є:

- необхідність спеціального захисту людей від опромінення;
- громіздкість апаратури.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

Вихідні дані:

Деталь - перехідник привода-генератора;

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

Коефіцієнт Пуассона - $\mu = 0,3$;

Границя міцності - $\sigma_b = 900$ МПа;

Статичний аналіз проводимо в ANSYS Workbench.

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

Закріплюємо по діаметру 72 мм, прикладаємо навантаження 3 МПа (рис. 5.1). Отримуємо картину розподілу напружень на рис. 5.2, 5.3. Бачимо, що більші напруження виникають в ісці радіусів заокруглення,.

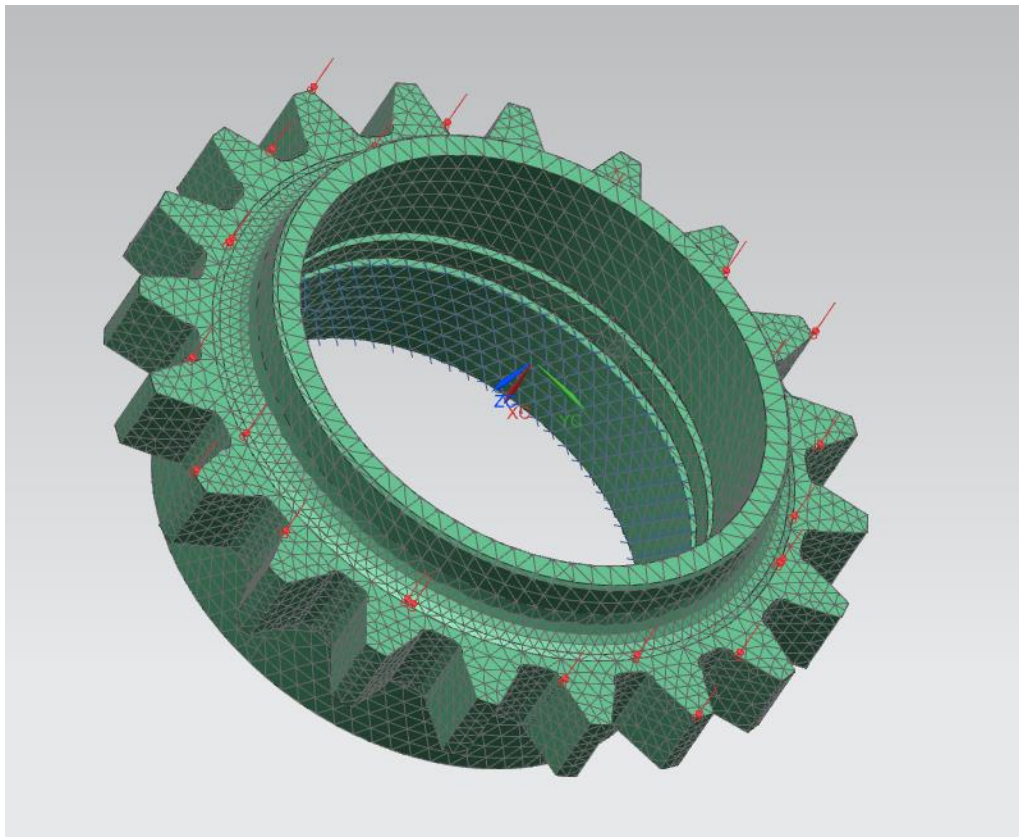


Рисунок 5.1 – Модель розбита на сітку кінцевих елементів з прикладеним навантаженням

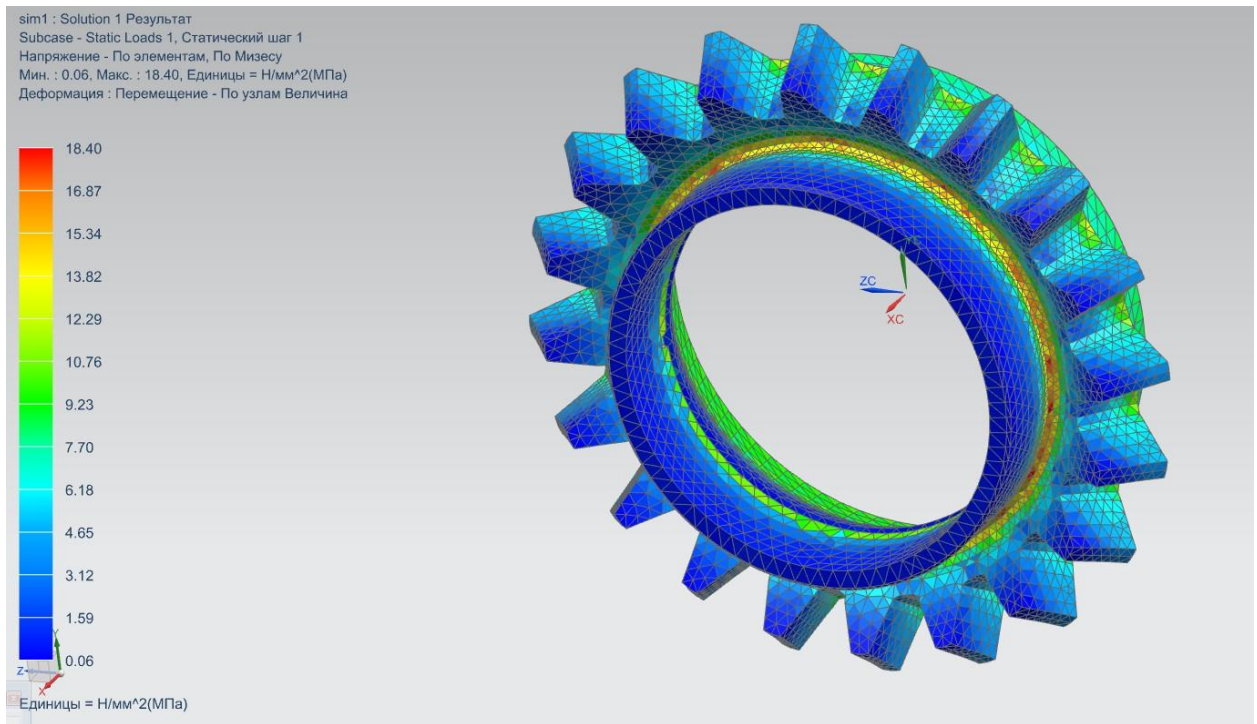


Рисунок 5.2 - Розподіл напружень моделі

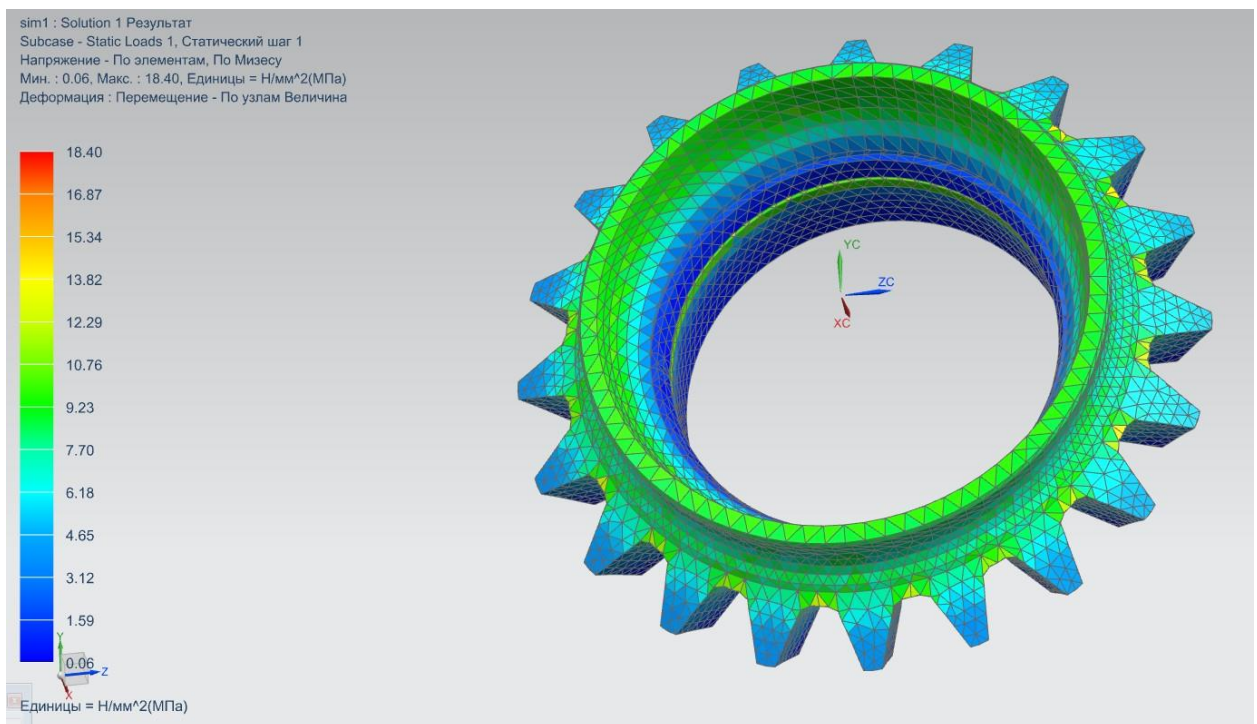


Рисунок 5.3 - Розподіл напружень моделі

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 18,4$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

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

$$n_{\sigma} = \frac{900}{18,4} = 48,9$$

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

Отримане значення запасу міцності $n_{\sigma} = 48,9$ лежить в межах допустимого.

Для збільшенні запасу міцності можна збільшити товщину стінки між діаметрами 72 та 80 мм та збільшити радіуса заокруглення.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки виконання дипломного проекту передбачає проведення розрахунків у приміщенні (лабораторії) обладнаному персональними комп'ютерами (далі ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для приміщення (лабораторії) обладнаного візуальними дисплейними терміналами, у відповідності з методичними вказівками.

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні (лабораторії) обладнаному ПК з ВДТ, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- робота на клавіатурі з високою швидкістю, 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;

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

- механічне травмування в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

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

- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів (далі ПК) з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю освітлювальних приладів, призводить до підвищеного стомлення, виникненню помилок під час роботи та, як наслідок, нервово-емоційному-напруженню;
- освітлення, що не відповідає нормативним значенням, може з часом привести до погіршення зору;
- низький рівень освітлення в коридорах та сходах може стати причиною підкокування, падіння персоналу у випадку погіршення уваги під час переміщення по території організації;
- підвищений рівень шуму, що створюється людьми, які працюють у приміщенні, призводить до їх роздратованості, втомленню;
- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Небезпека ураження електричним струмом при використанні цих приладів

з'являється при недотриманні заходів обережності, 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.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». Приміщення відноситься до класу пожежонебезпечної зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения»

По способу захисту людини від ураження електричним струмом, обладнання належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом, що відповідає вимогам НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

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 відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра. Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»

площа на одне робоче місце не менше 6м^2 , а об'єм – неменше 20м^3 .

У зв'язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у працівників може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру.

Згідно рекомендаціям НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та 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 за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг необхідно передбачити перерви в роботі та виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу. Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ « Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та високий рівень працездатності.

6.3 Вплив електричного струму на людину та методи захисту

Дія електричного струму на організм людини має декілька особливостей:

- несподіваність ураження, яка пов'язана із відсутністю у людини органів чуття (рецепторів), за допомогою яких можна виявити напругу на відстані;

– можливість дистанційної дії, що проявляється в ураженні людини через електричну дугу, або крокову напругу;

– рефлекторна дія через центральну нервову систему, яка призводить до порушення роботи серця і легенів.

Електричний струм, проходячи через організм людини спричиняє термічну, електролітичну та біологічну дію.

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи із неї, що викликає опіки, обвуглювання тканин та їх розриви парою. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору його проходженню та часу проходження.

Електролітична дія струму проявляється в електролізі крові та плазми, що призводить до зміни їхніх фізико-хімічних та біохімічних властивостей.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збудженні тканин організму. Збудження тканин внаслідок прямої (контактної) дії струму може проявлятися у вигляді мимовільного, непередбачуваного скорочення м'язів. Непряма дія струму (рефлекторна) відбувається через центральну нервову систему, до якої надходять імпульси від збуджених під дією електричного струму рецепторів. Центральна нервова система опрацьовує інформацію і надсилає відповідні імпульси до систем організму щодо нормалізації процесів життєдіяльності у відповідних тканинах та органах. Якщо кількість імпульсів, що надходить від збуджених рецепторів занадто велика настає перевантаження інформацією центральної нервової системи внаслідок чого вона може видавати недоцільну команду, що може призвести до серйозних порушень діяльності серця та легенів, навіть якщо ці органи і не знаходяться на шляху проходження струму [5].

Ураження електричним струмом поділяються на місцеві – електричні травми та загальні – електричні удари.

Електричні травми – це місцеві ураження, серед яких розрізняють: електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електрофтальмія, механічні пошкодження.

Електричний опік в залежності від умов виникнення може бути контактним і дуговим. Контактні струмові опіки мають місце в електроустановках напругою до 1000 В, вони виникають в місцях контакту людини із струмоведучими неізолюваними елементами електроустановок. В місцях контакту виділяється значна кількість тепла за рахунок великої густини струму та підвищеного опору, який створює шкіра людини. Тяжкість ураження за таких умов залежить від величини струму, часу його дії та опору людини. Дугові опіки мають місце в установках, напругою більше 1000 В і, як правило, більш тяжкі (III або IV ступеня). В електроустановках напругою 6...10 кВ дугові опіки є результатом випадкових коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках. Електрична дуга виникає між елементами електроустановки, тому струм через тіло людини в даному випадку не проходить і небезпека обумовлюється тепловою дією струму.

Електричні знаки – це різко окреслені плями сірого або блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту з струмоведучими елементами. Зазвичай знаки мають круглу, овальну форму або форму струмоведучого елемента, до якого доторкнулась людина, розмірами до 10 мм з поглибленням у центрі, а іноді – форму мікроблискавки. Особливого болювого відчуття електричні знаки не спричиняють і з часом безслідно зникають.

Металізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги. На ураженій ділянці тіла при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній часток металу. В більшості випадків одночасно із металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

Електрофтальмія – запалення поверхневих слизових оболонок очей в результаті дії ультрафіолетових променів, які утворюються електричною дугою. Електрофтальмія розвивається через 2 – 6 годин після опромінення і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок

повік, слъозоточінні, гнійних виділеннях, світлоболях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

Механічні ушкодження спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. В результаті таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожилів, шкіри, кровоносних судин, нервових клітин, вивихи суглобів, переломи кісток.

Загальні електричні травми або електричні удари – це порушення діяльності життєво важливих органів або всього організму людини як наслідок збудження живих клітин організму електричним струмом, яке супроводжується судомним скороченням м'язів. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні. В залежності від наслідків ураження розрізняють 4 групи електричних ударів.

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист людей від небезпечної і шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, статичної електрики. Вимоги електробезпеки викладено в ГОСТ 12.1.019-79 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту»

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику;
- застосування електроенергії з безпечними величинами напруги;
- усунення небезпеки ураження людей струмом у разі появи напруги на частинах конструкцій електроустаткування;
- застосування індивідуальних захисних засобів від ураження електричним струмом [6].

Недоступність розташування струмопровідних частин досягається розміщенням їх на висоті, під підлогою чи приховано в стінах. Незахищені струмопровідні частини, до яких можливий дотик людей, надійно огорожують у всіх випадках, якщо напруга перевищує:

- 65 В – в приміщеннях без підвищеної небезпеки;

- 42 В – в приміщеннях з підвищеною небезпекою;
- 12 В – в приміщеннях особливо небезпечних.

Застосування малих напруг – дуже ефективний захист від ураження електричним струмом. Для живлення кіл управління технологічним обладнанням, встановленим в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях з підвищеною небезпекою; кіл управління пересувного устаткування і для живлення ручного інструменту використовують напругу не вище 42 В. На шафах і пультах управління обладнанням розміщують штепсельні розетки з напругою не вище 12.

Захисне заземлення – свідоме електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих частин електроустаткування. Вимоги до захисного заземлення викладено в ГОСТ 12.1.030-81 «ССБП. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення». Зміни 1987.

Дотик до незахищеного корпусу, який виявився під напругою, рівнозначний однофазному ввімкненню людини в електричну мережу. Мета заземлення – понизити до безпечної величини напругу відносно землі на металевих частинах електроустаткування, які випадково виявилися під напругою, і цим усунути небезпеку ураження людей електричним струмом. В установках напругою до 1000 В опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом (з потужністю джерела струму 100 кВА і менше опір заземлення допускається не більше 10 Ом). Оскільки опір заземлення значно менший за опір тіла людини (1000 Ом), то у випадку її дотику до пошкодженого електроустаткування найбільший за величиною струм пройде через заземлюючий пристрій. Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювачів – металевих провідників, які з'єднані з землею, і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлювані частини електроустаткування з заземлювачами. Заземлювачі бувають штучні та природні.

Занулення – свідоме електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть виявитися під

напругою. Занулення повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.030-81. У електричних мережах розрізняють нульовий захисний (N3) і нульовий робочий (NP) провідники. Нульовий захисний провідник служить для з'єднання занулюваних частин устаткування з глухо заземленою нейтраллю джерела струму; нульовий робочий провідник – для підключення до основної мережі напругою 380 В освітлювальних приладів, машин і електроапаратів, які працюють за фазової напруги (220 В). Мета занулення – перетворити витік струму на корпус в однофазне коротке замикання між фазовим і нульовим заземленням, коли пошкоджене устаткування автоматично вимикається від мережі, яка його живить. Для захисту від струмів короткого замикання можуть використовуватися плавкі запобіжники чи автоматичні вимикачі з часом спрацьовування відповідно 5,7 і 1,2 с.

Захисне вимкнення – швидкодійний захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустаткування, коли в ньому виникає небезпека ураження струмом. Така небезпека може виникнути у випадку:

- замикання фази на корпус електроустаткування,
- пониження опору ізоляції фаз відносно землі,
- появи в мережі більш високої напруги,
- торкання людини до струмопровідних частин.

У цих випадках у мережі змінюються деякі електричні параметри (напруга, струм, опір), що може бути імпульсом, який викликає спрацьовування захисту – відключення пристрою.

Блокування застосовується в електроустановках напругою вище 220 В, в яких часто ведуться роботи на струмоведучих частинах, що огорожуються. Блокування забезпечує зняття напруги із струмоведучої частини і електроустановки під час проникнення до них без зняття напруги.

Часто використовується звукова та світлова сигналізація, надписи, плакати та інші засоби інформації, що попереджують про небезпеку.

За призначенням електрозахисні засоби поділяються на ізолюючі (діелектричні рукавиці, боти, калоші, килимки, ізольовані підставки,

інструмент з ізолюючими ручками, ізолюючі штанги, кліщі тощо), огорожувальні (переносні огороження, заземлення тощо) та запобіжні (пояси, захисні окуляри, каски, спеціальні рукавиці) Засоби індивідуального електрозахисту є захисні костюми, взуття і рукавиці [5].

6.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

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

Метеорологічні умови в приміщенні – 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 ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Роботи в приміщенні з ПК, належать до категорії І_б - легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання відповідно до рекомендацій ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Оптимальні рівні позитивних (p+) і негативних (p-) іонів у повітрі приміщення з ВДТ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить: $p+=1500-30000$ (шт. на 1см^3); $p- = 3000-5000$ (шт. на 1см^3). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

Повітрообмін – процес заміни відпрацьованого і забрудненого повітря у виробничому приміщенні свіжим за допомогою природної і (або) механічної вентиляції. Величина обміну повітря, м/год, – один з головних показників, необхідних для проектування будь-якої з систем вентиляції виробничого приміщення. Обмін повітря повинен розраховуватись так, щоб концентрація шкідливостей (пари, гази, волога, пил або аерозолі та ін.) в приміщенні під час роботи вентиляції не перевищувала допустимих рівнів чи гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК деяких шкідливих речовин встановлюються згідно ГОСТ 12.1.005- 88 і ДСН 3.3.5.042 — 99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".

Внаслідок роботи за ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.д.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види виробів. Згідно з НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

Основними причинами недостатньої або нераціональної освітленості робочих місць є несправність або нераціональний вибір освітлювальних приладів. Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровий і загальний втомі.

У приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. 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%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників; переведення жорсткого диска в

режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу; використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо.

Для запобігання ризиків захворювання інфекційними хворобами підприємство чи окрема установа має індивідуальну програму забезпечення робітників належними умовами праці та впроваджує профілактичні заходи. Це можуть бути як сезонні (профілактичні) так і планові заходи. Плановими чи попередніми (при вступі на роботу) заходами можуть бути медичні огляди з урахуванням загальних протипоказань, індивідуальної чутливості, прогностичних ризиків розвитку захворювань. Сезонними заходами можуть бути проведення додаткових ін'єкцій чи оздоровчі програми для визначеної групи працівників що підлягають найбільшому впливу негативних факторів виробництва. Додатковими заходами попередження захворюваності є навчання адміністрації та працівників організацій (підприємств) основам медичних знань, способам збереження здоров'я на робочому місці; нормалізація санітарно-гігієнічних і психофізіологічних умов праці; залучення працівників до занять фізичною культурою, туризмом і спортом, підвищення доступності цих видів оздоровлення;

6.5 Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окиснювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла.

Горюча речовина і окиснювач, за певних умов, утворюють горюче

(вибухонебезпечне) середовище. Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище може утворюватися твердими речовинами, легкозаймистими, та горючими рідинами горючим пилом та горючими газами за наявності окиснювача. Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів.

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 А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір), та класу 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 безпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» приміщення (лабораторія) відповідає категорії Д – 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 дослідницької лабораторії - II.

В приміщення (лабораторія) пожежний інвентар з пожежним інструментом і вогнегасниками розташовано на двох спеціальних пожежних щитах (стендах), відповідно до "Правил пожежної безпеки в Україні". Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. В приміщення (лабораторія) встановлено 2 вуглекислотних вогнегасника місткістю 5 л. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник ВВК-3 призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в офісних приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

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

6.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Заходи щодо ліквідації аварій

Основними заходами щодо ліквідації наслідків великих аварій є: оповіщення про небезпеку робітників та службовців, формувань ЦЗ і населення, що проживає поблизу об'єкта; комплексна розвідка об'єкта, на якому відбулася аварія; порятунок людей з-під завалів, зі зруйнованих і пошкоджених будинків та споруд, надання медичної допомоги постраждалим і евакуація їх у лікувальні установи; гасіння пожеж; локалізація аварій на комунально-енергетичних мережах, які перешкоджають веденню рятувальних робіт; улаштування проїздів і проходів до місць аварій; обвалування нестійких конструкцій, розбирання завалів, демонтаж збереженого устаткування, якому загрожує небезпека; організація комендантської служби.

Швидке проведення рятувальних робіт і оперативна ліквідація наслідків аварії вимагають значних сил і засобів, для цих цілей залучаються спеціальні (об'єктові) і територіальні формування загального призначення і служб.

При ліквідації наслідків виробничих аварій застосовуються інженерна й інша спеціальна техніка: крани, бульдозери, екскаватори, компресорні станції, самоскиди. Важкі тягачі з тросами для розтягування і розведення великих залізобетонних конструкцій, вертольоти великої вантажопідйомності і металорізальні установки.

Рятувальні роботи в місцях аварії, як правило, проводяться в умовах загазованості, а при пожежах — задимленості і високих температур; щоб забезпечити безперервність роботи з наростаючим темпом, сили ЦЗ поділяють на зміни і виділяють резерви.

У залежності від характеру і масштабу аварії керівництво ліквідацією наслідків здійснює або керівник даного підприємства, який є одночасно і начальником ЦЗ, або голова спеціально створюваної надзвичайної комісії. На

кожну ділянку призначається керівник з числа відповідальних посадових осіб об'єкта або керівників ЦЗ і фахівців служб ЦЗ. Він повинен поставити завдання формуванням, вказати терміни і способи їх виконання, визначити порядок матеріального, технічного й інших видів забезпечення, організувати роботи, своєчасну зміну, відпочинок і харчування особового складу.

Рятувальні роботи і допомога потерпілим організовуються негайно після виникнення аварії. Ухваленню рішення на проведення РІНР передують ретельна розвідка. Основні її завдання — виявити обстановку, що склалася, визначити характер руйнувань і обсяг невідкладних робіт, умови, у яких потрібно вести ці роботи. У ході розвідки визначаються місцезнаходження постраждалих людей, намічаються способи їх порятунку і шляхи евакуації. Розвідку організовує керівник — начальник ЦЗ об'єкта (або голова надзвичайної комісії) за допомогою розвідувальних формувань і при обов'язковій участі провідних спеціалістів.

До місця виробничої аварії першими повинні прибувати протипожежні команди, підрозділи міліції, машини швидкої медичної допомоги.

Ліквідація наслідків аварії може здійснюватися одночасно на всьому об'єкті чи на окремих ділянках у тих випадках, коли мається достатня кількість сил і засобів, роботи проводяться відразу на всій площі. Якщо сил недостатньо, роботи доводиться проводити послідовно. При цьому в першу чергу їх починають там, де необхідно надати допомогу людям, і на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається постраждалим, які знаходяться в стані шоку, а також звільненим з-під невеликих завалів і уламків. Витягування людей з-під великих завалів здійснюється з дотриманням заходів безпеки, їм надається невідкладна медична допомога з наступною евакуацією в лікувальні установи.

Будь-яке підприємство має свої особливості, які можуть бути невідомі рятувальникам, але повинні бути враховані. Тому перед початком робіт з кожним формуванням відповідними фахівцями підприємств і служб ЦЗ

проводиться інструктаж, на якому вказуються способи дій при виконанні поставленого завдання і правила безпеки, дотримання яких обов'язково.

Для організації робіт з ліквідації наслідків аварій і катастроф на об'єкті господарювання створюється постійно діюча надзвичайна оперативна група під керівництвом головного інженера. У надзвичайних умовах вона працює під загальною координацією районної (міської) надзвичайної комісії.

Таким чином, проаналізувавши потенційні небезпеки, що можуть мати місце при роботі в науково-дослідних лабораторіях з використанням ПК, встановлено, що тільки постійне дотримання вимог нормативно-правових документів (НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та інших) дасть можливість робітникам зберегти життя та високий рівень працездатності.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на магістерську роботу, розглянуті особливості керування технологічним процесом виготовлення циліндричних зубчатих коліс. Також розроблений технологічний процес виготовлення шестерні циліндричної і запропонована планування обладнання на ділянці. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів. Розроблено розрахунково-технологічна карта обробки на верстатах з ЧПК. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектowana верстатне пристосування дозволяє швидко і надійно закріпити заготовку під час обробки, що в умовах великосерійного виробництва дуже важливо.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки поршня з точки зору безпеки проведення робіт, проведена характеристики за ступенем пожежної безпеки, виконаний план евакуації з адміністративних приміщень цеху.

Спецзавдання виконано на тему: неруйнівні методи контролю.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення шестерні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методические указания к практическим занятиям по технологии машиностроения (раздел – проектирование технологических процессов) для студентов специальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102, 8.090211 всех форм обучения / В. Д. Хорошков, О. В. Алексеенко, Д. В. Павленко – Запорожье, ЗГТУ, 1999. – 78 с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.
3. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
4. Прогрессивные режущие инструменты режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. Баранчикова В. И. – М.: Машиностроение. 1990. 274с.
5. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2/ Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: МАШГИЗ, 1961. 892 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительного-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
7. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении / Э.Э. Миллер. – М.: Машиностроение, 1972. – 248 с.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіабудування та машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» /8.090202/, та «Двигуни та енергетичні

установки літальних апаратів” /7.100.102/, Склали: Яценко В. К., Ципак В. І., Кореневский Є. Я., Кононов В. В. та інші. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000 – 244с.

9. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. – Минск.: «Беларусь», 1969. – 392 с., ил.

10. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

11. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 574 с., ил.

12. Приложения к методическим указаниям “Расчёт технологических размеров при проектировании технологических процессов механической обработки”, для выполнения курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения /7.090202/, авиационных двигателей и энергетических установок /7.100103/. 55с.

13. Справочник режимы резания металлов. / Под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. 409с.

14. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – 4 изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа. 1983. 256с.

15. Методичні вказівки по економічному обґрунтуванню дипломних проєктів для студентів спеціальності “Технологія машинобудування”. / автори Жупіна Л. В., Бобровнікова Р. Г., Федерякін І. А., Азаров І. І. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001 – 23с.

16. Мозговой В.Ф., Попенко А.И., Качан А.Я. Новый метод отделочно-упрочняющей обработки тонкостенных валов роторов ГТД / Технологические системы, №3(5). Киев, 2000.

17. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение. 1979. 302с.

18. Электронный ресурс. Режим
доступа:
<http://stankoforward.ru/tehnologii-udaleniya-zausencev>.