


- [12:49:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №312 [3] (200029 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:49:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №307 [3] (200046 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:50:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №317 [3] (200054 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:50:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №322 [3] (200044 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:50:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №327 [3] (200079 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:50:56] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №332 [3] (200064 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:51:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №337 [3] (200029 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:51:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №342 [3] (200043 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:51:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №347 [3] (200065 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:52:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №352 [3] (200064 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:52:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №357 [3] (200063 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:52:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №362 [3] (200043 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:53:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №372 [3] (200069 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:53:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №367 [3] (200050 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:53:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №377 [3] (200049 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:54:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №382 [3] (200054 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:54:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №387 [3] (200054 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [12:54:28] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №392 [3] (200039 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [13:01:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №412 [3] (200029 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [13:01:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №417 [3] (200057 мс/сек) : Yandex (Время ожидания операции истекло )
- [13:01:46] Тип проверки: *Стандартная*
- [13:01:46] **ВНИМАНИЕ!** Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 29%)
- [13:01:46] Уникальность текста 80% (Проиригнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Чвильової О.С.,  
 перевіряв зав.нач.лаб.каф. ТМБ Паміров В.М.

17.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект (роботу)

Підвищення зносостійкості валів ГТД технологічними методами

Студент (ка) Чвільова Олена Сергіївна

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень

Кількість сторінок пояснювальної записки 101

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

1. Технологічна частина 2. Конструкторська частина 3. Автоматизація  
4. Розрахунок деталі на міцність 5. Спеціальне завдання 6. Оцінка  
економічної ефективності 7. Охорона праці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

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

Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Досліджена пневмовідцентрова обробка, що дає можливість підвищити ефективність обробки деталей типу "ступіца"

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

є) відгук про проект (роботу) загалом В цілому магістерська робота студентки групи Мз-118м Чвільової Олени Сергіївни відповідає вимогам вищої школи.

ж) інші зауваження 1. Технологічний процес оформлено з порушеннями стандартів 2. В міцностному розрахунку прикладені навантаження не є еквівалентними експлуатаційним

з) оцінка проекту (роботи) В цілому дипломний проект студентки групи Мз-118м Чвільової Олени Сергіївни заслуговує оцінку «задовільно»

Рецензію доцент кафедри ТМБ к.т.н. Логомінов В.О.  
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

« 18 » грудня 2019 р.

Михайло Рибак  
(підпис)  
Михайло Рибак  
(підпис)

### Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Рибак Михайло Рибак  
(підпис)

на тему Застосування технологічних  
шляхів в області «Висока енергетика»  
в області енергетики теплої та «Стунед»

Виконав: студент(ка) VI курсу, групи МІЗ-18-01

Спеціальності 131 «Примітна механіка»  
(код спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Висока енергетика»  
Курсова Р.С.  
(підпис)

Керівник Виконавчий С.В.  
(підпис)

Рецензент Михайло В.В.  
(підпис)

2019

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

Інститут, факультет Математичний  
Кафедра Геометрії математичного факультету  
Тип вищої освіти магістерської (диплом)  
Спеціальність 131 "Технічна механіка"  
(код і повна назва)  
Назва програми (спеціалізація) \_\_\_\_\_  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.М.Б.  
С.І.Редько  
« 17 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Вільмова Вікторія Сергіївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Застосування ітеративних методів для підвищення точності обробки нежорстких деталей інструментом "Сатурн-2"

Виконавець проекту (роботи) Виконавчий Е.В. ст. викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » листопада 2019 року № 415

Тривок подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

Вихідні дані до проекту (роботи) Робота креслення деталі "Матриця", програма Викорота

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розв'язати) 1 - Визначення кінтових; 2 - конструювання деталі; 3 - Апроксимація; 4 - Розрахунок на міцність деталі; 5 - Складання завдання; Застосування методів для підвищення точності обробки інструментом "Сатурн-2"; 6 - Виведення оптимальних параметрів.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Робота креслення деталі; 2. Креслення деталей; 3. Матриця уарт Викорота деталі; 4. Креслення деталей креслення; 5. Креслення креслення; 6. Креслення креслення.

Консультанти розділів проекту (роботи)

Роль	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
Технічний	Винченкатський Е.В., ст. викл.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Керівник проєкту	Винченкатський Е.В., ст. викл.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Спис частин	Винченкатський Е.В., ст. викл.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
ДП та БНС	Шашко В.І., доцент	06.05.2019	<i>[Signature]</i>
Нормокабінет	Сидорак Е.В., доцент	July 18, 19, 19	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання « 10 » 09 20 19 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Срок виконання етапів проєкту (роботи)	Прізвище
1	Технічний кошторис лише деталі видруку способу оформлення	10.09.2019	
2	Проектна робота НОП, НОБ оформлення документації		
3	кошт. частина проектування та розрах. роботою і кошт. інструментальною		
4	Автоматизація	10.10.2019	
5	спис завдання	12.11.2019	
6	Оформлення процесу нормокабінет	15.11.2019	
	представлення проекту зав. кафе	20.11.2019	
	Рецензія		

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)

*[Signature]*  
(підпис)

*[Signature]*  
(прізвище та ініціали)

Винченкатський  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ.с., 18 рисунків, 9 таблиць, додатків, 14 посилань.

Об'єкт дослідження – маточина.

Мета магістерської роботи – застосування технологічних методів для підвищення точності обробки нежорстких деталей; вивчення загальної конструкції, технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки цапфи передньої.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний, із застосуванням спеціальних систем САПР.

В магістерській роботі спроектовано технологічних процес виготовлення цапфи передньої, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, виконано розрахунок економічного ефекту від удосконалення технологічного процесу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

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

## ЗМІСТ

Завдання.....			
Реферат.....			
Введення .....			
1 Технологічна частина.....			
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....			
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....			
1.3 Вибір методу одержання заготовки .....			
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....			
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність .....			
1.4.2 Проектування маршрутів обробки поверхонь .....			
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі .....			
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів .....			
1.5.1 Розраховуємо припуски і технологічні розміри розрахунково-аналітичним методом для поверхні.....			
1.5.2 Розраховуємо припуски і технологічні розміри табличним методом для поверхні.....			
1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу.....			
1.6.1 Операція 020 – токарна.....			
1.6.2 Операція 035 – фрезерна.....			
1.6.3 Операція 085– круглошліфувальна .....			
1.7 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктив-			



них верстатах з ЧПК.....	
1.7.1 Розробка операції.....	токарної
1.7.2 Розробка операції.....	свердлильної
1.7.3 Розробка операції.....	фрезерної
2 Конструкторська частина .....	
2.1 Проектування робочого пристосування.....	
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	
2.2 Контрольний пристрій .....	
2.2.1 Вибір схеми базування .....	
2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу виміру .....	3
Автоматизація.....	
3.1 Автоматизація зміни інструментів на верстатах з ЧПУ.....	
3.2 Безконтактні методи виміру.....	
4 Розрахунок деталі на міцність.....	
5 Спеціальне завдання.....	
5.1 Класифікація деталей за категоріями жорсткості.....	
5.2 Класифікація способів обробно-зміцнюючої обробки деталей поверхневим пластичним деформуванням.....	
5.3 Спосіб фінішної зміцнюючої пневмоцентробіжної обробки деталей.....	
5.4 Спосіб зміцнюючої ІУ ПВДО деталей.....	
5.5 Спосіб отримання регульованого мікрорельєфу.....	

6	Розрахунок економічної ефективності.....
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....
7.1	Аналіз потенційних небезпек .....
7.2	Заходи по забезпеченню безпеки .....
7.3	Вплив електричного струму на людину та методи захисту.....
7.4	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці..
7.5	Заходи з пожежної безпеки .....
7.6	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях .....
7.6.1	Оцінка стійкості системи управління промислового об'єкта...
	Висновок.....
	Список використаних джерел .....

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

АІ-20 - одновальний турбогвинтовий авіадвигун з осьовим 10-ступінчастим компресором, кільцевою камерою згорання, 3-ступінчастою турбіною, планетарним редуктором, нерегульованим реактивним соплом.

#### Історія створення і використання

У 1956 році ДКБ-478 О.Г.Івченко і Н.Д.Кузнецова було доручено розробити турбогвинтовий двигун потужністю 4000 к.с. для середньомагістральних пасажирських літаків, розроблених в ДКБ О.К.Антонова і С.В.Іл'юшина. У 1957 році двигун АІ-20 успішно пройшов випробування і був запущений в серійне виробництво на Запорізькому і Пермському моторобудівних заводах. Встановлювався на літаках Ан-8, Ан-10, Ан-12, Ан-32, Бе-12, Іл-18, Іл-38 та їх модифікаціях.

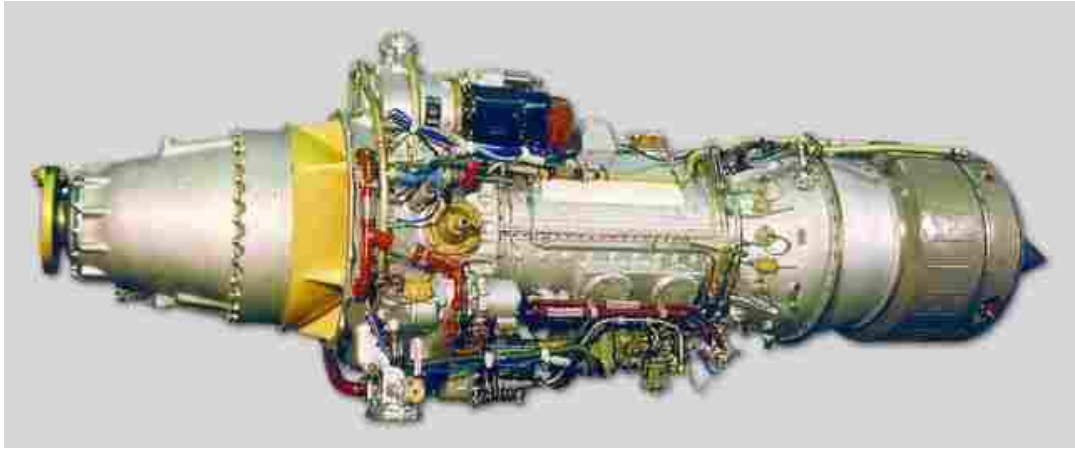


Рисунок 1.1 – Двигун АІ-20.

Планетарний механізм (епіциклічна передача, планетарна передача) — зубчаста передача, у якій геометричні осі одного або декількох зубчастих коліс (сателітів), що підтримуються водилом, є рухомими по концентричній, відносно центрального колеса траєкторії.

Планетарні механізми з одним ступенем свободи називають звичайними (типовими), планетарні механізми з двома ступенями свободи називають диференціалами.

Елементи планетарної передачі

Деталі планетарного механізму мають спеціальні назви:

- зубчасте колесо із зовнішніми зубами, котре розташоване в центрі механізму, називається центральним або сонячним;

- колесо з внутрішніми зубами називають короною або епіциклом;

- колеса, осі яких рухомі, називають сателітами;

- рухома ланка, на якій встановлено сателіти, називають водилом.

Його на кінематичних схемах зазвичай позначають або цифрою, або латинською буквою  $h$ .

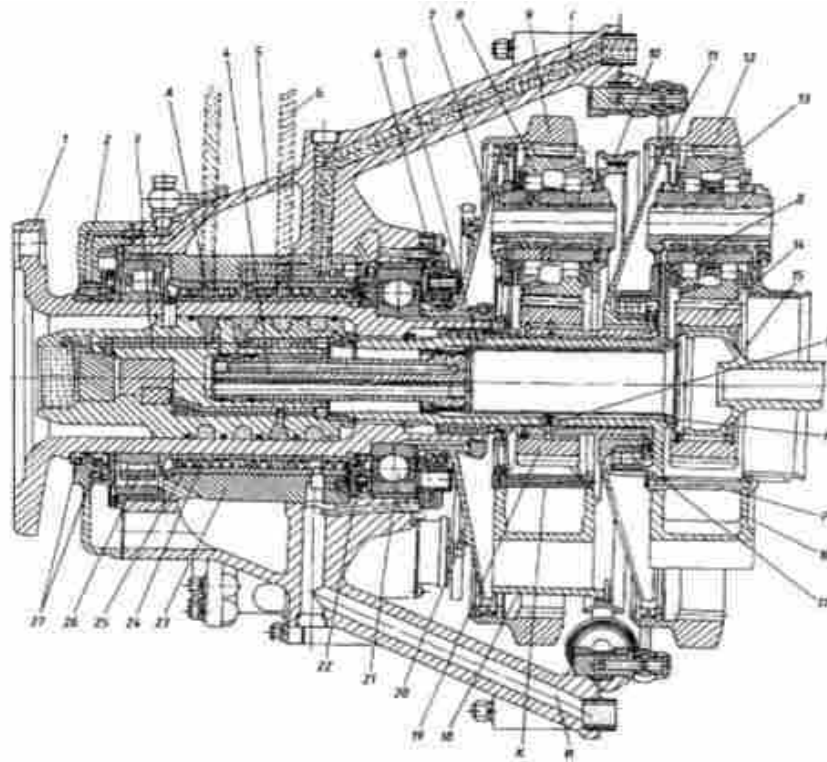


Рисунок 1.2 – Редуктор.

Маточина – центральна частина обертової деталі механізму чи машини (махового колеса, зубчастого колеса), що має отвір для посадки на вал або вісь.

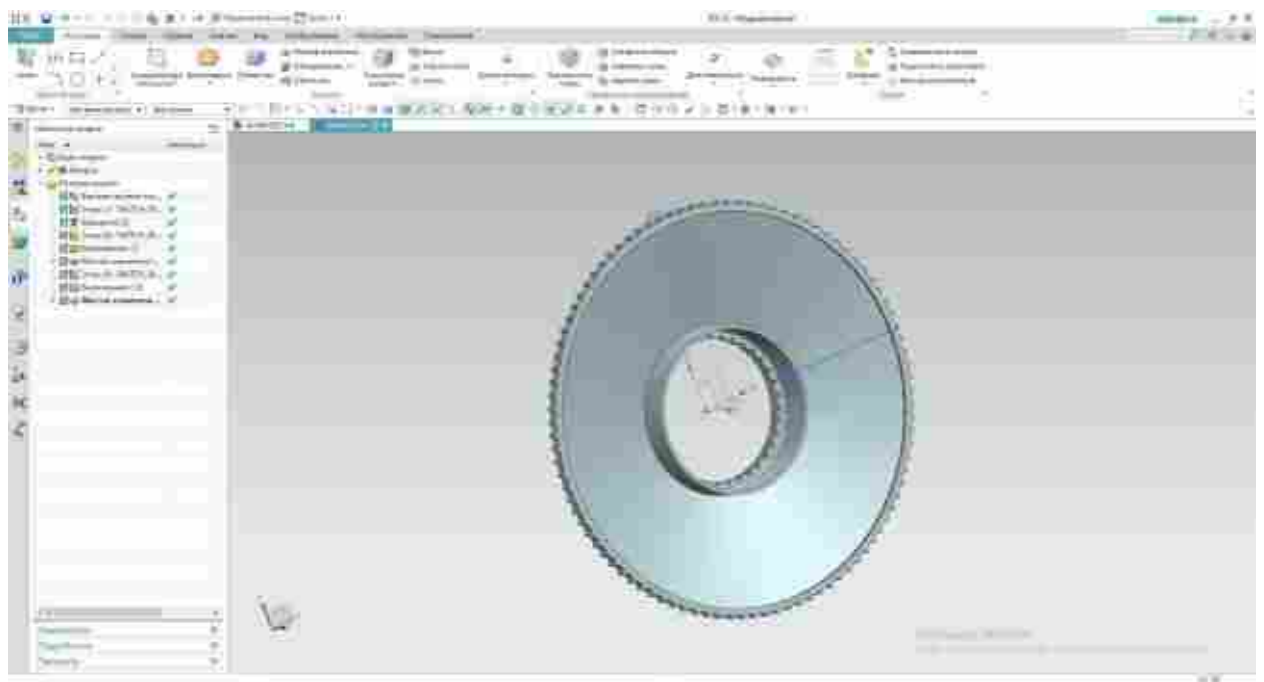


Рисунок 1.3 – Маточина планетарного механізму.

Матеріал маточини

Марка: 12Х2Н4А-Ш

Клас: Сталь конструкційна легована

Використання в промисловості: зубчасті колеса, вали, ролики, поршневі пальці та інші великі деталі, до яких пред'являються вимоги високої міцності, пластичності та в'язкості серцевини та поверхневої твердості, що працюють під дією ударних навантажень або при негативних температурах до 120°C.

Хімічний склад: С 0.09-0.15, Si 0.17-0.37, Mn 0.3-0.6, Ni 3.25-3.65, S до 0.025, P до 0.025, Cr 1.25-1.65, Cu до 0.3, Fe ~93.

Питома вага: 7840 кг / м<sup>3</sup>

Термообробка: стан поставки

Температура кування: початку 1220 ° С, кінця 800 ° С. Перетини до 100 мм охолоджуються на повітрі, 101-300 у ямі

Твердість матеріалу: НВ 10<sup>-1</sup> = 269 МПа

Зварюваність матеріалу: обмежено зварювана, способи зварювання:

РДС, АДС під флюсом.

Різанням: НВ 163 - 187,  $K_{ц\text{ тв. спл}} = 1.26$ ,  $K_{ц\text{ б. ст}} = 0.96$

Флокеночутливість: чутлива

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі.

Механічні властивості сталі 12Х2Н4А-Ш при підвищених температурах					
Температура випробувань, °С	$\sigma_{0.2}$ (МПа)	$\sigma_b$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ %	КСУ (кДж / см <sup>2</sup> )
Загартування 900 °С, масло					
200	1240	1560	18	49	88
300	1320	1540	23	56	74
400	1200	1320	28	59	103
500	1130	1200	32	62	125

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості сталі.

Фізичні властивості сталі 12Х2Н4А-Ш						
T (°C)	E10 <sup>-5</sup> (МПа)	a 10 <sup>6</sup> (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м <sup>3</sup> )	C (Дж/(кг·град))	R 10 <sup>9</sup> (Ом·м)
20	2			7840		
100		11	25	7820		
200		12				
300		13		7760		
400		14.7	19	7710		
500		15.3				
600		15.6		7630		

Таблиця 1.2 – Ударна в'язкість сталі.

Ударна в'язкість сталі 12Х2Н4А-Ш КСУ, (Дж/см <sup>2</sup> )		
T= +20 °C	T= -40 °C	Термообробка
102	91	Загартування 850 ° C, масло. Відпуск 200 ° C, 1 ч, HRCe 40
34	25	Газова цементация 910 ° C (по 4-м гранях), 3 ч. Загартування 810 ° C, масло. Відпуск 200 ° C, 1 ч. Глибина шару 0,65 мм. HRCe поверхні = 58

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва - класифікаційна категорія виробництва, яка виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів: одиничний, серійний та масовий. Річна програма випуску деталей «Маточина» – N = 1000 штук, маса деталі – 3,7 кг, що відповідає середньо серійному типу виробництва.

Серійне виробництво - тип виробництва, що характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску.

Партія або виробнича партія – група заготовок одного найменування і типорозміру, що запускаються в обробку одночасно або безперервно протягом певного інтервалу часу.

Серійне виробництво є основним типом сучасного виробництва, і підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї машинобудівної продукції. По всіх технологічних і виробничих характеристиках серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом.

Кількість заготовок в партії для запуску визначається за формулою:

$$n = \frac{a * N}{250}, \text{ шт.}$$

де  $a = 3, 5, 10, 20, 60, 125$  днів - періодичність запуску деталей у виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи збірного цеха. Приймаємо,  $a = 10$  днів;  $N$  – річна програма випуску, штук;

250 – кількість робочих днів в році;

$$n = \frac{10 * 1000}{250} = 40 \text{ штук}$$

Коефіцієнт закріплення операцій – відношення всіх детале-операцій, що виконуються протягом певного періоду на дільниці (O), до кількості робочих місць (M):

$$K_{zo} = \frac{O}{M}$$

Для серійного виробництва  $K_{zo} = 11...20$  – [1] с.16. Організаційну форму виконання робіт встановлюють в залежності від принципу

розташування робочих місць, і характеру руху заготовок в процесі виготовлення. Встановлюються три форми організації технологічних процесів:

- групова; –
- поточна;
- непоточна.

Серійному виробництву відповідає змінно-потокова форма організації. Запуск заготовок у виробництво здійснюється партіями з певною періодичністю.

### 1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки

Маючи відпрацьований робочий креслення, технічні вимоги, яким повинна відповідати готова деталь, і знаючи кількість деталей, які потребують подальшого виготовлення у одиницю часу по незмінного кресленням, приступають до вибору економічного виду напівфабрикату (прокат, сталеві злитки, порошкові матеріали та ін.) і методу отримання заготовки деталі.

В одних випадках можна виготовляти заготовку, максимально наближається за якісними показниками (розмірами, формою, шорсткості поверхні, механічними властивостями, хімічним складом, якістю поверхневого шару матеріалу) до вимог готової деталі, що скорочує втрати, пов'язані з її перетворенням в готову деталь. Однак вартість такого напівфабрикату зростає зі збільшенням ступеня його наближення до вимог готової деталі і підвищенням рівня самих) тих вимог.

Ця частина підлягає високим вимогам до механічних властивостей, макроструктури, залишкових напруг. На цій основі заготовки можна отримати, штампуванням на молотків і КГШП.



Остаточний вибір способу отримання заготовки зроблений на основі економічного розрахунку шляхом порівняння вартості деталей, отриманих різними методами.

Визначте, коли вони робляться і обчислюють масу заготовок, отриманих кожним методом. Тиснення на КГШП. Попередньо визначте розмір порожнього (діаграма 1,3)

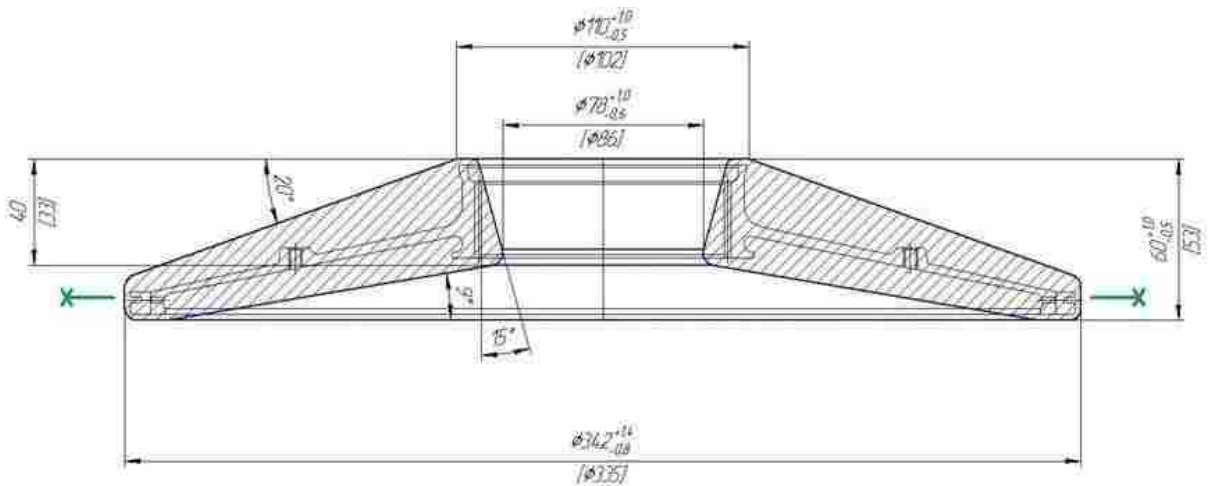


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманою «штамповкою на молотах»

Знаходимо масу заготовки:

$$m_n \approx \rho \cdot V \approx \frac{7,84 \cdot 2602040}{1000000} \approx 20,4 \text{ кг} \quad (1.4)$$

де  $\rho=7,84 \text{ кг/см}^3$  – щільність сталі;  $V$

– об'єм заготовки.

$$V \approx V_1 \approx V_2 \approx V_3 \approx V_2 \approx 1876424 \approx 1561676 \approx 250112 \approx 585948 \approx 2602040 \text{ мм}^2$$

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{C^B \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \cdot (Q + q)}{1000} + \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (1.5)$$

де  $C_B$ -базова собівартість 1т заготовки,  $C_B=25000$ гр/т;

$Q$ -маса заготовки,  $Q=20,4$ кг;  $q$ -маса деталі,  $q=9,2$ кг;

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує клас точності  $K_T=1$ ;  $K_M$  -

коефіцієнт, що враховує марку матеріалу  $K_M=2,4$ ;

$K_B$  - коефіцієнт, що враховує масу заготовки  $K_B=1$ ;  $K_{II}$  -

коефіцієнт, що враховує програму випуску  $K_{II}=0,5$ ;

$C_{отх}$  - собівартість 1т стружки,  $C_{отх}=140$ /т.

$$C_1 = \frac{25000}{1000} \cdot 20,4 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot (20,4 + 9,2) + \frac{140}{1000} = 610,43 \text{ грн}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{им} = \frac{q}{Q}; \quad (1.6)$$

де  $q = 9,2$  кг – маса деталі;

$Q = 20,4$  кг – маса заготовки;

$$K_{им} = \frac{9,2}{20,4} = 0,45$$

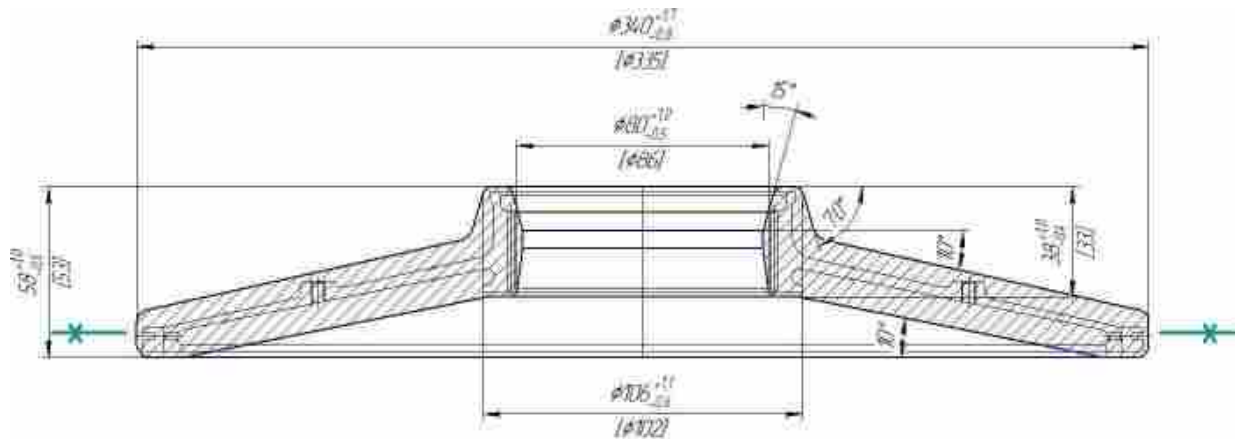


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, отриманої штамповкою на КГШП

Штамповка на кривошипному пресі:

$$m_n \square \square \square \square \square \frac{7,84 \cdot 1543367}{1000000} \square 12,1 \text{ кг}$$

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_2 \square \frac{28000}{1000} \square 12,1 \square 1 \square 2,5 \square 1 \square 0,5 \square (12,1 \square 9,2) \square 1000 \square 423,1 \text{ грн де } K_v=1;$$

$$K_m=2,5; K_p=0,5; K_t=1; C_b=28000 \text{гр/т; } q=9,2 \text{кг; } Q=12,1 \text{кг;}$$

$$S_{отх}=140 \text{гр/т.}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{им} = \frac{9,2}{12,1} \square 0,8.$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-му варіанті  $C_1=610,43 \text{грн}$ ; в 2-му варіанті  $C_2=423,1 \text{грн}$ ;  $C_1 > C_2$ ;  $K_{им1} < K_{им2}$

Таблиця 1.4 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці	Варіанти	
			Молота	КГШП
Маса деталі	$q$	кг	9,2	9,2
Маса заготовки	$Q$	кг	20,4	12,1
Коефіцієнт використання матеріалу	$\eta$	—	0,45	0,8
Базова ціна 1т заготовок	$B_0$	Грн.	25000	28000
Коефіцієнти	$K_B$		1	1
	$K_M$		2.4	2.5
	$K_P$		1	1
	$K_T$		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	$B_{отх.}$	грн.	140	140
Вартість заготовки	$B$	грн.	610,43	423,1

Витрати при КГШП нижче, відповідно, цей вид заготовки економічно вигідніше.

#### 1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

##### 1.4.1. Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі - це сукупність властивостей, що виявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, експлуатації та ремонті, порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій

виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту.

Технологічність конструкції виробу (ТКВ) розглядається як сукупність властивостей конструкції виробу, які визначають її пристосованість до досягнення оптимальних затрат праці, коштів, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того самого призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умовах виготовлення, експлуатації та ремонту.

Розрізняють такі види технологічності: виробничу, експлуатаційну, технічного обслуговування, ремонтну, заготовки, деталі, складальної одиниці, виготовлення, форми поверхні, розмірів, матеріалів.

Опрацювання конструкції виробу на технологічність є неперервним процесом, що починається з моменту розробки технічного завдання і продовжується на усіх стадіях проектування та виготовлення виробу.

Аналіз деталі:

1) Матеріал деталі - 12Х2Н4А-Ш – сталь конструкційна легована. За оброблюваності є легко оброблюваною. Можливість отримання необхідної шорсткості поверхонь – без труднощів.

2) Заготівля – вилівок має складну конфігурацію, за рахунок зовнішніх і внутрішніх криволінійних поверхонь і належить 4 класу складності вилівка.

Виготовляється за допомогою великої кількості стрижневих знаків.

3) Більшість поверхонь деталі є конструктивними і не подаються обробці, механічній обробці піддаються тільки ті поверхні, які є місцями з'єднання інших деталей при складанні в вузол.

4) На більшості операцій принципи єдності і сталості баз дотримуються.

- 5) Деталь є не жорсткою і потребує встановлення додаткових опор.
- 6) Проводиться багатоінструментальна обробка поверхонь.
- 7) Деталь потребує застосування спеціального допоміжного різального та вимірювального інструменту.
- 8) Обробка поверхонь є зручною.
- 9) Число квалітетів точності -
- 10) Розміри проставлені технологічно.

#### 1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Проектування маршруту обробки поверхонь необхідно для подальшого розрахунку припусків на обробку, а також проміжних розмірів заготовки по технологічних переходах обробки.

Маршрут обробки встановлюють виходячи з вимог робочого креслення і прийнятої заготовки. По заданому класу точності і шорсткості даної поверхні і з урахуванням розміру, маси і форми деталі вибирають один або кілька можливих методів остаточної обробки. Вирішення цього завдання полегшується при використанні технологічних характеристик методів обробки. Знаючи вид заготовки, таким же чином вибирають перший початковий метод маршруту.

Якщо точність заготовки невисока, то обробку даної поверхні починають з використання чорнової обробки. При точній заготовці відразу можна починати чистову, а в деяких випадках і оздоблювальну обробку.

Необхідно розрахувати загальні уточнення за показниками точності і якості поверхні:

- 1) за точністю розміру

$$E_{oTd} = T_{dz} / T_{дет}$$

2) за шорсткістю

$$E_{oRz} = R_{zз} / R_{здет}$$

3) за точності форми і взаємного розташування

$$E_{oT\Delta} = T_{\Deltaз} / T_{\Deltaдет}$$

Проектуємо маршрут обробки поверхні (МОП) для циліндричної зовнішньої поверхні  $\varnothing 375(-0,1)$ , шорсткість  $R_z=1,6$  ( $R_a=0,4$ ),  $T_d = 0,1$  мм. Заготовка – штамповка, квалітет – 16,  $T_d = 0,38$ мм, шорсткість  $R_z = 160$ .

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні:

$$E_{oTd} = T_{dz} / T_{дет} = 0,38 / 0,1 = 3,8$$

$$E_{oRz} = R_{zз} / R_{здет} = 160 / 1,6 = 100$$

$$E_{oT\Delta} = T_{\Deltaз} / T_{\Deltaдет} = 0,3 / 0,003 = 100$$

Визначаємо кількість переходів по найбільшому  $E_o$

$$k = 2 \cdot \lg E_o$$

$$k = 2 \cdot \lg 3,8 = 4,05.$$

Приймаємо  $k = 4$ .

Розподіляємо уточнення квалітетів точності на 4 переходи:

16 → T/o → 13 → 10 → 7 → 5

Встановлюємо послідовність забезпечення шорсткості поверхні:

Rz 160 → T/o → Rz 100 → Rz 25 → Rz 6,3 → Rz 1,6

Встановлюємо послідовність забезпечення точності форми і взаємного розташування поверхонь:

15 → T/o → 12 → 9 → 7 → 5

Приймаємо наступні технологічні переходи:

1. Точіння чорнове Td1 = 330 мкм;

2. Точіння чистове Td2 = 70 мкм; 3. Шліфування чорнове Td3 = 18 мкм;

4. Шліфування чистове Td4 = 8 мкм.

Проектуємо МОП для циліндричної внутрішньої поверхні Ø146A3(+0,08), шорсткість Rz – 6,3 (Ra – 1,6), Td = 0,08 мм. У заготовці на цю поверхню призначено напуск. Після першого чорнового розточування отримуємо наступні параметри поверхні: квалітет – 13, Td = 0,54мм, шорсткість Rz = 50.

Розраховуємо загальні уточнення за показниками точності та якості поверхні:

$$E_{oTd} = T_{dз} / T_{дет} = 0,54 / 0,08 = 6,75$$

$$E_{oRz} = R_{zз} / R_{дет} = 50 / 6,3 = 7,94$$

$$E_{oT\Delta} = T_{\Deltaз} / T_{\Deltaдет} = 0,18 / 0,012 = 15$$

Визначаємо кількість переходів по найбільшому EO згідно

$$k = 2 \cdot \lg 6,75 = 2,4.$$

Приймаємо k = 3.



Розподіляємо уточнення квалітетів точності на 3 переходи: т/о

→ 13 → 11 → 9 → 7

Встановлюємо послідовність забезпечення шорсткості поверхні:

т/о → Rz 50 → Rz 25 → Rz 12,5 → Rz 6,3

Встановлюємо послідовність забезпечення точності форми і взаємного розташування поверхонь:

т/о → 13 → 10 → 8 → 6

Приймаємо наступні технологічні переходи:

1. Розточування чорнове  $Td1 = 540$  мкм;
2. Розточування напівчистове  $Td2 = 220$  мкм;
3. Розточування чистове  $Td3 = 87$  мкм;
4. Розточування тонке  $Td4 = 35$  мкм.

#### 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Вивчивши креслення та технічні умови, проаналізувавши і прийнявши за основу раніше розроблений МОП (основних поверхонь) складається етапна схема виготовлення деталі:

- 1-й етап – заготівельний.
- 2-й етап – механічна обробка.
- 3-й етап – обміднення.
- 4-й етап – механічна обробка.
- 5-й етап – цементация.
- 6-й етап – механічна обробка.
- 7-й етап – цементация.
- 8-й етап – механічна обробка.

9-й етап – термічна обробка.

10-й етап – механічна обробка.

11-й етап – промивка.

12-й етап – механічна обробка.

13-й етап – промивка.

14-й етап - кінцевий контроль покриття та зовнішнього вигляду.

## 1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Технологічний розмір – це розмір, визначений технологом і поставлений в технологічну документацію. Технологічний розмір включає припуск до подальшої обробки.

Припуск являє собою шар матеріалу, що містить різні дефекти, які не допустимі відповідно до умов призначення, і які повинні бути вилучені з поверхні заготовки для того, щоб домогтися заданих властивостей оброблюваної поверхні. Споживання слід розглядати як компенсатор помилок попередніх переходів.

Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку. При обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск згідно

$$2z_i \approx 2(R_{z_{i-1}} \approx h_{i-1} \approx \sqrt{i_{201} \approx i_2});$$

де  $R_{z_{i-1}}$  – шорсткість поверхні після попереднього переходу;  $h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, що виникає внаслідок неоднорідних включень, корозії, перенаклепа, мікротріщин тощо;  $i_{i-1}$  – похибки від макронерівностей поверхонь (зміщення, викривлення, неперпендикулярність).

$$\sigma_{\text{см}} = \sqrt{\sigma_{\text{коробл}}^2};$$

$$\sigma_{\text{коо}} = K \cdot L \cdot \sigma_i$$

$$\sigma_{K_y} = \sigma_{i \cdot 1}$$

де,  $\sigma_{\text{см}} = 0,5 \text{ мм}$  - зміщення стержня в горизонтальній або вертикальній поверхні;

$\sigma_{\text{коо}}$  - похибка викривлення

$K_y$  - коефіцієнт уточнення

$E_2$  - помилка установки заготовки.

Знаходимо елементи припуску:

Розраховуємо чисельні значення мінімальних припусків по переходах.

- для заготовки:

$$Rz_1 = 160 \text{ мкм} \text{ и } h_1 = 140 \text{ мкм}$$

Просторові похибки в заготівлі:

$$\sigma_1 = \sqrt{500^2 + 15^2} = 500 \text{ мкм}$$

$$\sigma_{\text{см}} = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм}$$

$$\sigma_{\text{коо}} = 1,5 \cdot 10 \cdot 15 \text{ мкм}$$

- для точіння чорнового:

$$Rz = 100 \text{ мкм} \text{ и } h = 100 \text{ мкм}$$

$$\sigma_2 = K_y \cdot \sigma_1 = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм}$$

Похибка установки заготовки на постійній опори -

для точіння напівчистого:

$$Rz = 50 \text{ мкм} \text{ и } h = 50 \text{ мкм}$$

$$\sigma_3 \approx K_y \cdot \sigma_2 \approx 0,05 \cdot 30 \approx 1,5 \text{ мкм}$$

Похибка установки заготовки на постійні опори –  
для точіння чистового:

$$R_z = 25 \text{ мкм} \text{ и } h = 25 \text{ мкм}$$

$$\sigma_4 \approx K_y \cdot \sigma_3 \approx 0,04 \cdot 1,5 \approx 0 \text{ мкм}$$

Похибка установки заготовки на постійні опори

Розраховуємо чисельні значення мінімальних припусків по другому і третьому переходах, так як на першому переході знімається напуск.

$$2z_3^{\min} \approx 2(160 \cdot 100 \cdot \sqrt{30^2 + 110^2}) \approx 628 \text{ мкм} \approx 0,63 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\min} \approx 2(50 \cdot 50 \cdot \sqrt{1,5^2 + 110^2}) \approx 420 \text{ мкм} \approx 0,42 \text{ мм}$$

Розрахунок технологічних розмірів методом розмірних ланцюгів.

Максимальний розмір по переходах:

$$d_{i\max} \approx d_{i\max\text{I}} + 2z_{i\min\text{I}} + Td_i; \quad d_4^{\max}$$

$$\approx 88 + 0,036 \cdot 87,964 \text{ мм}; \quad d_3^{\max}$$

$$\approx 87,964 + 0,42 + 0,087 \cdot 88,471 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} \approx 88,471 + 0,63 + 0,35 \cdot 89,451 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} \approx 106 + 0,7 \approx 106,7 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення технологічних розмірів по переходах:

$$d_{i\min} \approx d_{i\max} \pm T d_i;$$

$$d_1^{\min} \approx 106 \pm 0,7 \approx 105,3 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} \approx 89,451 \pm 0,35 \approx 89,101 \text{ мм}; \quad d_3^{\min}$$

$$\approx 88,471 \pm 0,087 \approx 88,384 \text{ мм};$$

$$d_4^{\min} \approx 87,964 \pm 0,035 \approx 87,929 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальний розмір по переходах:

$$2z_{i\max} \approx d_{i\max} - d_{i\min};$$

$$2z_3^{\max} \approx 89,451 - 88,384 \approx 1,07 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\max} \approx 88,471 - 87,929 \approx 0,542 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальний і максимальний припуск по 2 переходу, де знімаємо напуск:

$$2z_2^{\min} \approx d_1^{\min} - d_2^{\max} \approx 105,3 - 89,451 \approx 15,85 \text{ мм};$$

$$2z_2^{\max} \approx d_1^{\max} - d_2^{\min} \approx 106,7 - 89,101 \approx 17,6 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності обчислень:

$$Tz_o \approx 1,4 \pm 0,035 \approx (106,7 - 87,929) - (105,3 - 87,964) \approx 1,435 \text{ мм}$$

Перевірка виконується.

Для інших переходів, проставляємо в системі "вала-h", тобто за номінальний розмір приймається максимальний, мінус допуск на обробку, як нижнє відхилення.

$$d_2 \square 89,45_{\square 0,35}; d_3$$

$$\square 88,471_{\square 0,087};$$

$$d_4 \square 88_{\square 0,036071}$$

## 1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу

Метою даного розрахунку є визначення для даної операції подачі, швидкості різання, підбір оборотів шпинделя і визначення потужності приводу верстата. Розробка розрахунково-технологічних карт для верстатів з ЧПУ або карти настройки для багаторіцевих або гідрокопіровальних верстатів. А також призначення норм часу на дану операцію.

### 1.6.1 Розрахунок режимів різання для токарної операції № 020

Вихідні дані:

Деталь – маточина.

Матеріал - конструкційна легована сталь 12Х2Н4А-ШІ Заготівля

- виливок в ПГФ, 70 НРС.

Ріжучий інструмент :

- різець прохідний  $\varphi = 60^\circ$ ,  $\alpha = 8^\circ$ ,  $\gamma = 12^\circ$ ;  $r = 1,5$  мм ГОСТ 18878-73; -

різець розточний  $\varphi = 95^\circ$ ,  $\alpha = 5^\circ$ ,  $\gamma = 15^\circ$ ;  $r = 1,5$  мм ГОСТ 18883-73.

Матеріал ріжучої частини - твердий сплав ВК8.

Верстат - прокатні з ЧПУ 1512Ф3.

МОР - емульсія.

Обробку ведемо начорно, знімаємо чорновий припуск  $Z_{\text{черн}} = 4,2$  мм.

Розрахунок режимів різання.

Глибину різання на чорнове точіння проводимо в три проходи:

$$t_1 \square 1,5 \text{ мм} \quad t_2 \square 1,5 \text{ мм} \quad t_3 \square 1,2 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу:

$$S_o \square S_{\text{табл}} \square K_{Sn} \square K_{Su} \square K_{Sz} \square K_{S\phi} \square K_{S\text{ж}} \square K_{Sm}$$

де  $S_{\text{табл}} = 0,87$  мм / об - табличне значення подачі;  $K_{Sp} = 1$

- коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{Si} = 1$  - коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту;

$K_{S\phi} = 0,7$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{S\text{ж}} = 1$  коефіцієнт, що враховує жорсткість деталі;

$K_{Sm} = 1,25$  - коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу (II група оброблюваності).

$$S_o \square 0,87 \square 1 \square 1 \square 0,7 \square 1 \square 1,25 \square 0,76 \text{ мм/об}$$

Розраховуємо швидкість головного руху різання:

$$V_p \square V_{\text{табл}} \square K_{VM} \square K_{VI} \square K_{V\phi} \square K_{VT} \square K_{V\text{ж}} \square K_{VII} \square K_{VO}$$

де  $V = 158$  м / хв - табличне значення швидкості;

$K_{VM} = 0,8$  коефіцієнт оброблюваності матеріалу;

$K_{VI} = 1$  - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу ріжучої частини інструменту;

$K_{V\alpha} = 0,89$  - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані;

$K_{VT} = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує вид обробки;

$K_{VЖ} = 1$  - коефіцієнт, що враховує жорсткість деталі;  $K_{VI} =$

1 коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{VO} = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

$$V_p \approx 158 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \approx 108 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n \approx \frac{1000 \cdot 108}{3,14 \cdot 180,5} \approx 190 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату:  $n = 150$  об / хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V \approx \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$
$$V \approx \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 180,5}{1000} \approx 85 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо потужність різання:

$N_o \approx 2$  кВт - табличне значення потужності різання;

$K_N \approx 1,05$  - поправочний коефіцієнт на потужність різання;



$N_{ст} = 55$  кВт-потужність приводу головного руху токарно-карусельного верстата 1512Ф3.

$$N \approx \frac{85}{108} 2 \approx 1,05 \approx 1,65 \text{ кВт} < N_{ст} = 55 \text{ кВт}$$

Визначення норми часу на операцію:

Розраховуємо основний машинний час обробки

$$t_0 \approx \frac{(76 + 2 + 0) \cdot 2}{150 \cdot 0,7} \approx 3 \approx 4,62 \text{ хв}$$
$$t_0^{хол} \approx \frac{20 \cdot 2 + 30 + 26 \cdot 2}{600} \approx 0,2 \text{ хв}$$
$$t \approx 4,62 \approx 0,2 \approx 4,82 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час

$$t_в \approx t_y \approx t_{упр} \approx t_{контр} \approx t_{в.х.}$$

де  $t_y = 0,47$  хв - час на установку і зняття заготовки;  $t_{упр} = 0,19$  хв - час на управління верстатом;  $t_{контр} = 0,27$  хв - час на контроль оброблених поверхонь шаблоном;  $t_{в.х.} = 0,86$  хв - час допоміжних ходів верстата.

$$t_в \approx 0,47 \approx 0,19 \approx 0,27 \approx 0,86 \approx 1,79 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час

$$t_{оп} \approx 4,82 \approx 1,79 \approx 6,61 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час

$$t_{\text{дон}} \approx (0,02 \pm 0,04 \pm 0,03) \approx 6,61 \pm 0,59 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час

$$t_{\text{шт}} \approx 6,61 \pm 0,59 \approx 7,2 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час на партію заготовок  $t_{\text{пз}}$   $\approx 30$  хв, включає в себе час на наладку верстата, отримання інструменту, закріплення ріжучого інструменту.

Визначаємо штучно - калькуляційний час:

$$t_{\text{штк}} \approx 7,2 \pm \frac{30}{40} \approx 7,95 \text{ хв}$$

### 1.6.2 Розрахунок режимів різання для фрезерної операції № 050

Вихідні дані:

Деталь – маточина.

Матеріал - конструкційна легована сталь 12Х2Н4А-Ш Заготівля

- виливок в ПГФ, 70 HRC.

Ріжучий інструмент :

- фреза кінцева мм,  $l = 22$  мм,  $z = 6$ , ГОСТ 20537-75.

Матеріал ріжучої частини - швидкоріжуча сталь Р9М4К8Ф.

Верстат - зубофрезерний верстат «Косомолець».

МОР - емульсія.

Обробку ведемо начорно, на операції знімаємо чорновий і напівчистої припуск  $Z_{\text{черн}} = 3,5$  мм;  $Z_{\text{получ.}} = 1,5$  мм.

Розрахунок режимів різання.

1) Глибина різання на чорнове фрезерування:

Фактична величина подачі на зуб:

$$S_z \approx S_{zT} \cdot K_{Szu} \cdot K_{Szf} \cdot K_{SzR} \cdot K_{Szc}$$

де  $S_{zT} = 0,25$ - табличне значення подачі, мм / зуб;

$K_{Szi} = 0,85$  коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту;

$K_{Szf} = 1$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{SzR} = 0,5$  - коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні;

$K_{Szc} = 0,75$ - коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування.

$$S_z \approx 0,25 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \approx 0,08 \text{ мм/зуб}$$

Фактична швидкість при фрезеруванні:

$$V \approx V_T \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vf} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vc}$$

де  $V^T = 179$ - табличне значення швидкості, м / хв;

$K_{Vm} = 0,8$  коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{Vu} = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту;

$K_{Vn} = 1$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{Vf} = 1$  - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані;

$K_{Vo} = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$K_{Vc} = 0,89$  - коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування.

$$V \approx 179 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,89 \approx 168 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n \approx \frac{1000 \cdot 168}{3,14 \cdot 50} \approx 1070 \text{ об/хв}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя відповідно до можливостей зубофрезерного верстата «Косомолец». Вибираємо найближче значення з ряду частот обертання шпинделя  $N_{ст} = 1000$  об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість фрезерування:

$$V \approx \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1000}{1000} \approx 157 \text{ м/хв}$$

Перевіряємо вибрані режими різання по потужності привода головного руху.

Розраховуємо потужність різання:

$N_m \approx 0,96$  кВт-табличне значення потужності різання;

$K_N \approx 1,96$  - поправочний коефіцієнт на потужність різання;

$N_{ст} = 27$  кВт-потужність приводу головного руху зубофрезерного верстата «Косомолец».

$$N \approx \frac{157}{168} \cdot 0,96 \approx 1,96 \approx 1,76 \text{ кВт} < N_{ст} = 27 \text{ кВт}$$

2) Глибина різання на чистове фрезерування:  $t_1 \approx 1,5 \text{ мм}$ .

Фактична величина подачі на зуб:

$$S_z \approx S_{zT} \cdot K_{Szu} \cdot K_{Sz\phi} \cdot K_{SzR} \cdot K_{Sz}$$

де  $SZT = 0,3$  табличне значення подачі, мм / зуб;

$KSz_i = 0,85$  коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту;

$KSz_\phi = 1$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$KSz_R = 0,5$  - коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні;

$KZC = 0,75$  - коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування.

$$S_z \approx 0,3 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,096 \text{ мм/зуб}$$

Фактична швидкість при фрезеруванні:

$$V \approx V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vn} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VB}$$

де  $V^T = 193$  - табличне значення швидкості, м / хв;

$K_{VM} = 0,8$  коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{Vu} = 1,1$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту;

$K_{Vn} = 1$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{V\phi} = 1$  - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані;

$K_{Vo} = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$K_{VB} = 0,89$  - коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування;

$$V \approx 193 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,89 \approx 181 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n \approx \frac{1000 \cdot 181}{3,14 \cdot 50} \approx 1153 \text{ об/хв}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя відповідно до можливостей зубофрезерного верстата «Косомолець». Вибираємо найближче значення з ряду частот обертання шпинделя  $N_{ст} = 1000$  об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість фрезерування:

$$V \approx \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1000}{1000} \approx 157 \text{ м/хв}$$

Перевіряємо вибрані режими різання по потужності привода головного руху.

Розраховуємо потужність різання:

$N_m \approx 0,96$  кВт-табличне значення потужності різання;

$K_N \approx 1,96$  - поправочний коефіцієнт на потужність різання;

$N_{ст} = 27$  кВт-потужність приводу головного руху зубофрезерного верстата «Косомолець».

$$N \approx \frac{157}{181} \cdot 0,96 \approx 1,96 \approx 1,64 \text{ кВт} < N_{ст} = 27 \text{ кВт}$$

Визначення норми часу.

Розраховуємо основний машинний час обробки:

$$t_0 \approx \frac{l_{р.х.}}{S_{мин} \cdot z} \cdot i \approx \frac{l \cdot l_{ер} \cdot l_{нер}}{S_{мин} \cdot z} \cdot i$$

де  $l_{р.х.}$  - довжина робочого ходу інструмента, мм;

$i$  - число проходів інструменту  $l_{ад}$  - величина

врізання інструменту, мм;  $l_{нер}$  - величина

перебігаючи, мм

$z$ - число зубів фрези.

$$t_0 = \frac{(73+5+5) \cdot 4}{1000 \cdot 0,08 \cdot 6} \approx 1,4 \text{ мин } t_0^{хол}$$

$$\approx \frac{300 \cdot 2 + 90 \cdot 2}{600} \approx 2,6 \text{ мин}$$

$$t_0 = 1,39 + 2,6 \approx 4 \text{ мин}$$

Визначаємо допоміжний час:

$$t_0 = t_y + t_{упр}$$

$t_y = 1,03$  - допоміжний час на установку і зняття деталі;  $t_{упр} = 0,2$  - допоміжне час що з операцією, включає в себе час на включення і виключення верстата, перевірку повернення інструменту в задану точку після обробки, установку і зняття щитка, що оберігає від забризкування емульсією.

$$t_0 = 1,03 + 0,2 \approx 1,23 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$t_{оп} = 4 \cdot 1,23 \approx 5,23 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час:

$$t_{дон} = (0,02 + 0,04 + 0,03) \cdot 5,23 \approx 0,47 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час:

$$t_{шт} = 5,23 + 0,47 \approx 5,7 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час на партію заготовок:  $t_{пз} \approx 25$  хв, включає в себе час на наладку верстата, отримання інструменту, закріплення ріжучого інструменту.

Визначаємо штучно - калькуляційний час:

$$t_{шт} \approx 5,7 \frac{25}{40} \approx 6,3 \text{ хв}$$

### 1.6.3 Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції № 055

Вихідні дані:

Деталь – маточина.

Матеріал - конструкційна легована сталь 12Х2Н4А-Ш Заготівля  
- виливок в ПГФ, 70 НРС.

Верстат - круглошліфувальний 3М153.

Частота обертання шпинделя заготовки – 50 - 1000 об/хв.

Частота обертання шпинделя шліфувального круга – 1900 об/хв.

Швидкість автоматичного переміщення столу – 0,02 - 5 м/хв.

Швидкість врізної подачі шліфувальної бабки – 0,05 - 5 мм/хв.

Ріжучий інструмент :

-електрокорунд білий 25А з керамічною зв'язкою.

Приймаємо зернистість 50, твердість круга СТ1, структура 6К;

-круг ПВК – плоский круг з конічною виточкою Швидкість  
круга  $v_k = 30$  м/с.

Визначаємо діаметр круга:

$$D = \frac{1000 * V * 60}{\pi * n} = \frac{1000 * 30 * 60}{3.14 * 1900} = 352 \text{ мм}$$



Приймаємо найближче стандартне значення:  $D = 350$  мм,  $d = 127$  мм,  $B = 30$  мм.

Шліфування виконується за 2 переходи – попереднє шліфування поверхні 2, остаточне шліфування поверхні 2. При цьому припуск на попереднє шліфування для поверхні 2 складає 0,156 мм, на остаточне шліфування 0,043 мм. Припуск на поверхню 12 складає 0,072 мм.

Шліфування проводиться врізанням.

Поперечна подача при попередньому шліфуванні поверхні:

$$Stm = \frac{13.5}{D_d^{0.7}} K1 * K2$$

де  $K1$ ,  $K2$  – поправочні коефіцієнти.

Визначаємо подачу:

$$Stm = \frac{13.5}{17^{0.7}} * 1 * 0.95 = 1.76 \text{ мм/хв}$$

Поперечна подача при остаточному шліфуванні поверхні:

$$Stm = \frac{37.6}{D_d^{0.7} * l_d^{0.6}} K1 * K2$$

де  $l_d$  – ширина поверхні, яка шліфується,  $K1$ ,

$K2$  – поправочні коефіцієнти.

Визначаємо подачу:

$$Stm = \frac{37.6}{17^{0.7} * 9^{0.6}} * 0.7 * 0.8 = 1.36 \text{ мм/хв}$$

Швидкість деталі при попередньому врізному шліфуванні  $v_d = 50$  м/хв,  
при остаточному  $v_d = 40$  м/хв.

Визначаємо швидкість обертання деталі:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 50}{3.14 \cdot 17} = 936 \text{ об/хв,}$$
$$n_1 = \frac{1000 \cdot 40}{3.14 \cdot 17} = 750 \text{ об/хв}$$

Визначаємо штучний час по формулі:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{тех} + \frac{(T_0 + T_B) \cdot (\alpha_{орг} + \alpha_{отд})}{100}$$

де  $T_B$  – допоміжний час по;

$T_{тех}$  – час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{орг}$  – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{отд}$  – час на відпочинок та природні потреби, хв.

$$T_{уст} = 0,39 \text{ хв}$$

$$T_{пер} = 1,41;$$

$$T_{изм} = 0,52 \text{ хв}$$

$$T_B = 0,39 + 1,41 + 0,52 = 2,32 \text{ хв}$$

$$T_{тех} = 0,65 \text{ хв}$$

$$\alpha_{орг} = 2\%$$

$$\alpha_{отд} = 6\%$$

$$T_{шт} = 0,5 + 2,32 + 0,65 + \frac{(0,5 + 2,32) \cdot (2 + 6)}{100} = 3,65 \text{ хв}$$

$$T_{п-з} = 16 \text{ хв}$$

$$T_{шт-к.} = 3,69 + \frac{16}{960} = 3,7 \text{ хв.}$$

## 1.7 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

### 1.7.1 Розробка токарної операції

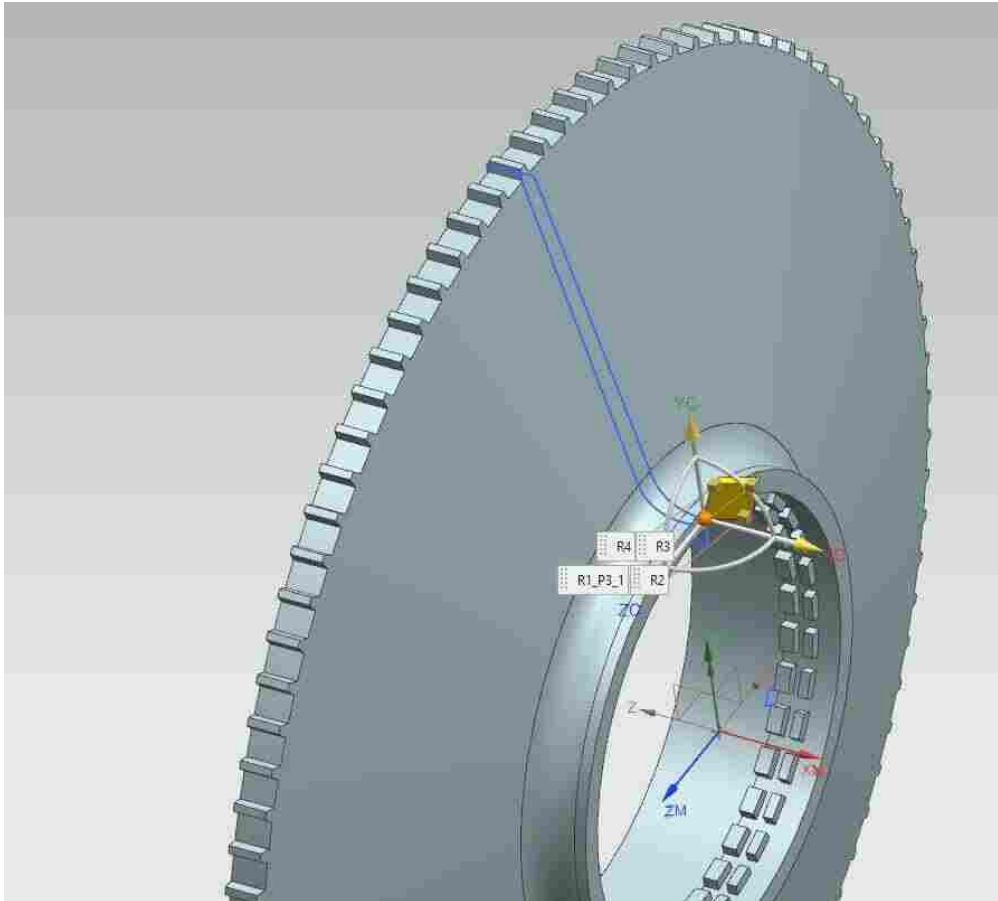


Рисунок 1.4 – Вибір інструменту

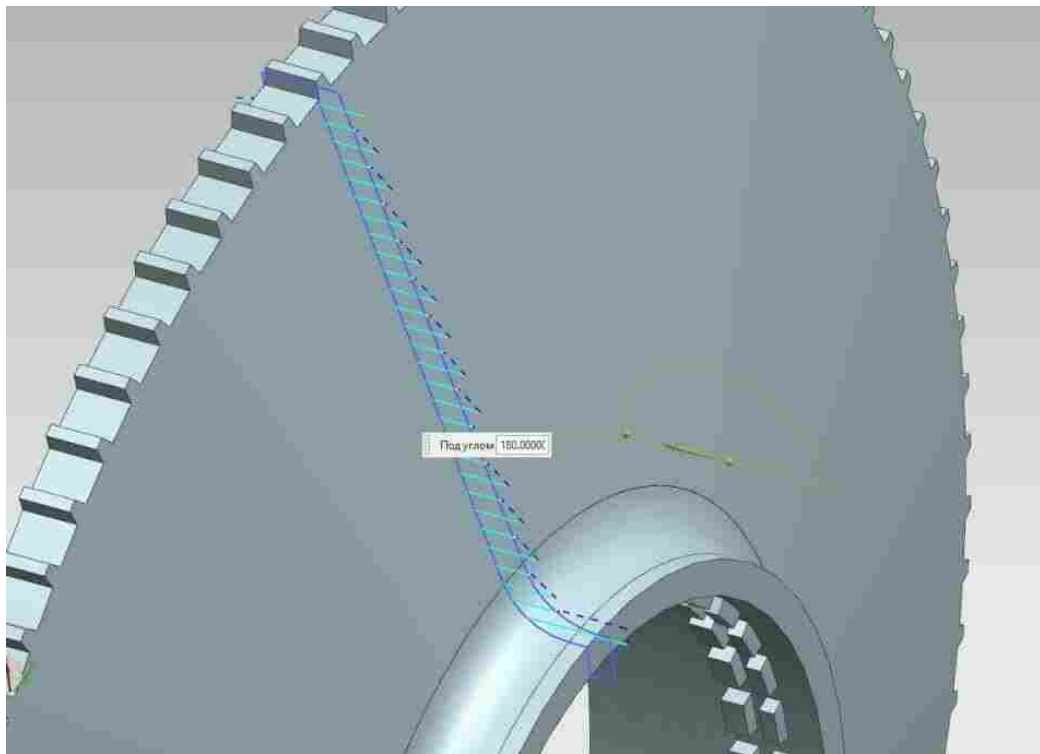


Рисунок 1.5 – Налаштування руху

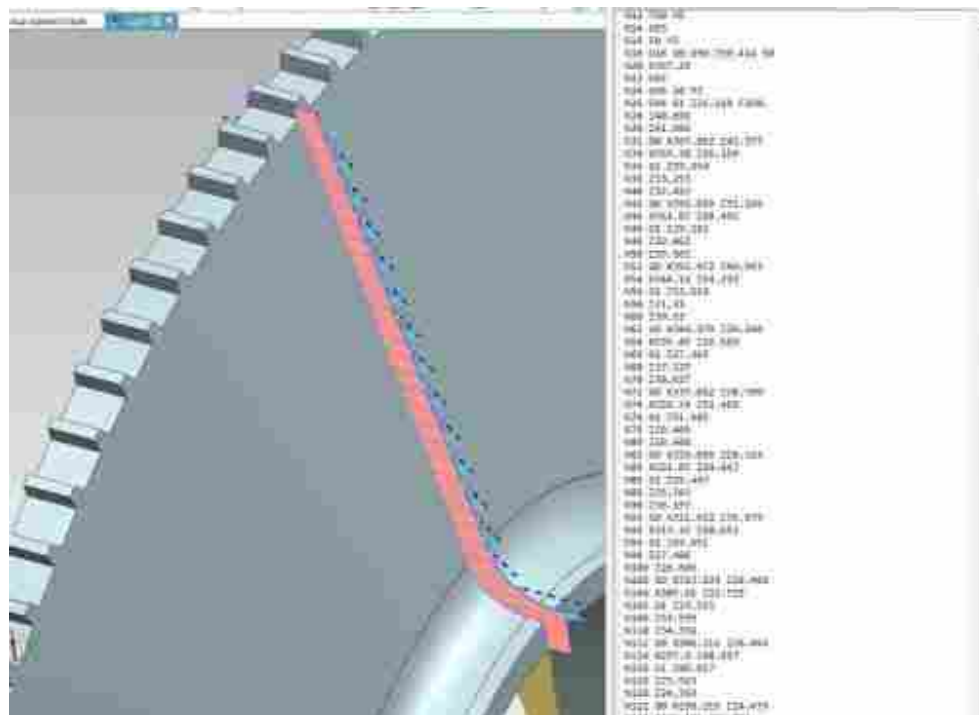


Рисунок 1.6 – Токарна обробка

### 1.7.2 Розробка свердильної операції

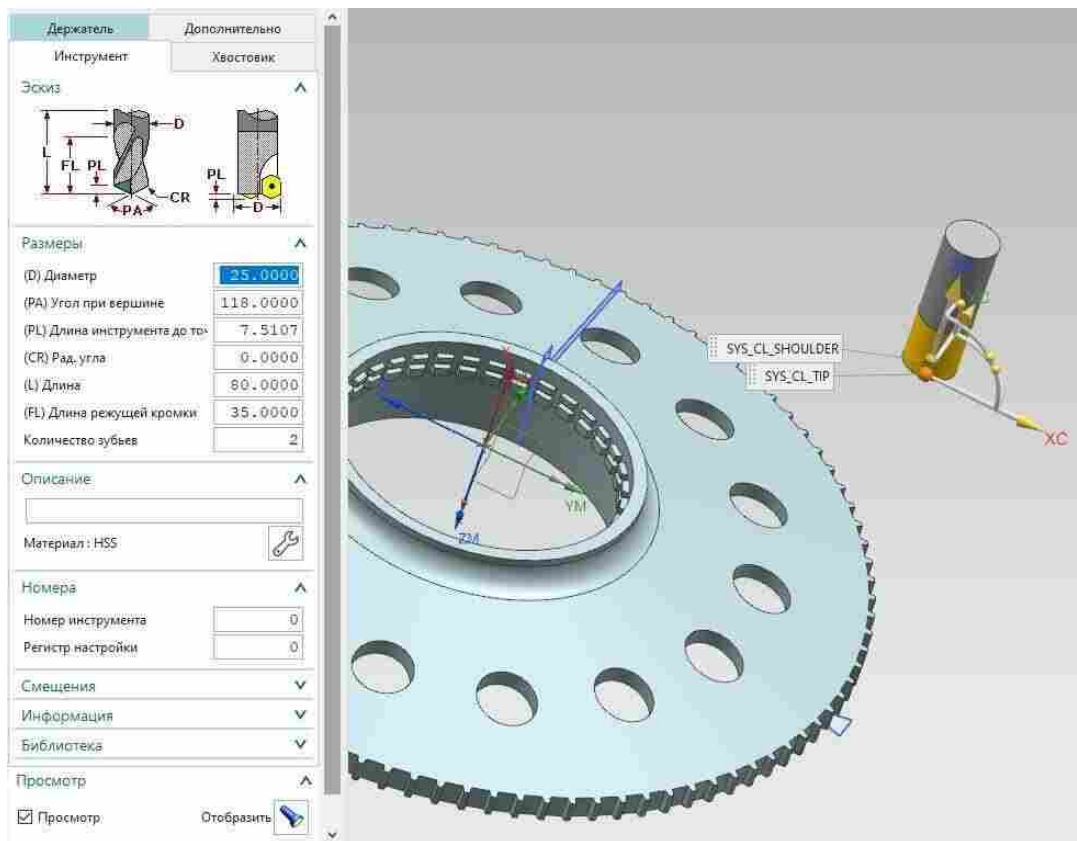


Рисунок 1.7 – Вибір свердла

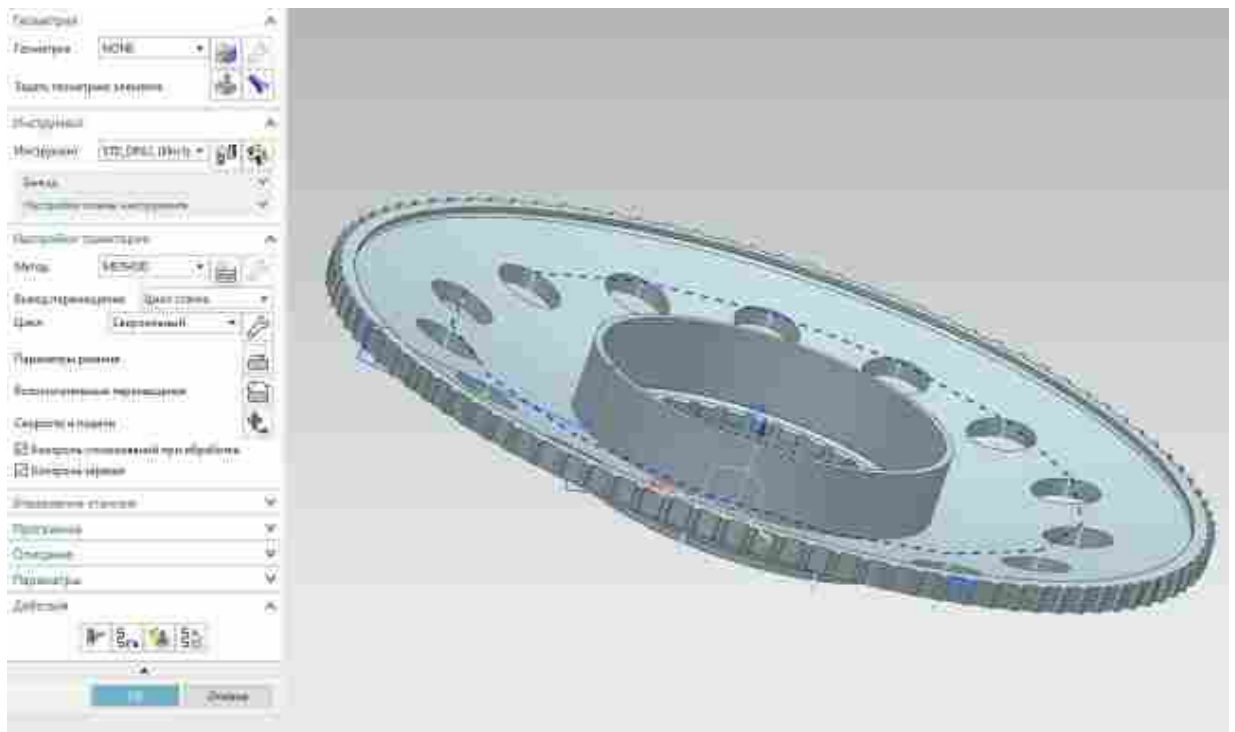


Рисунок 1.8 – Налаштування траєкторії руху

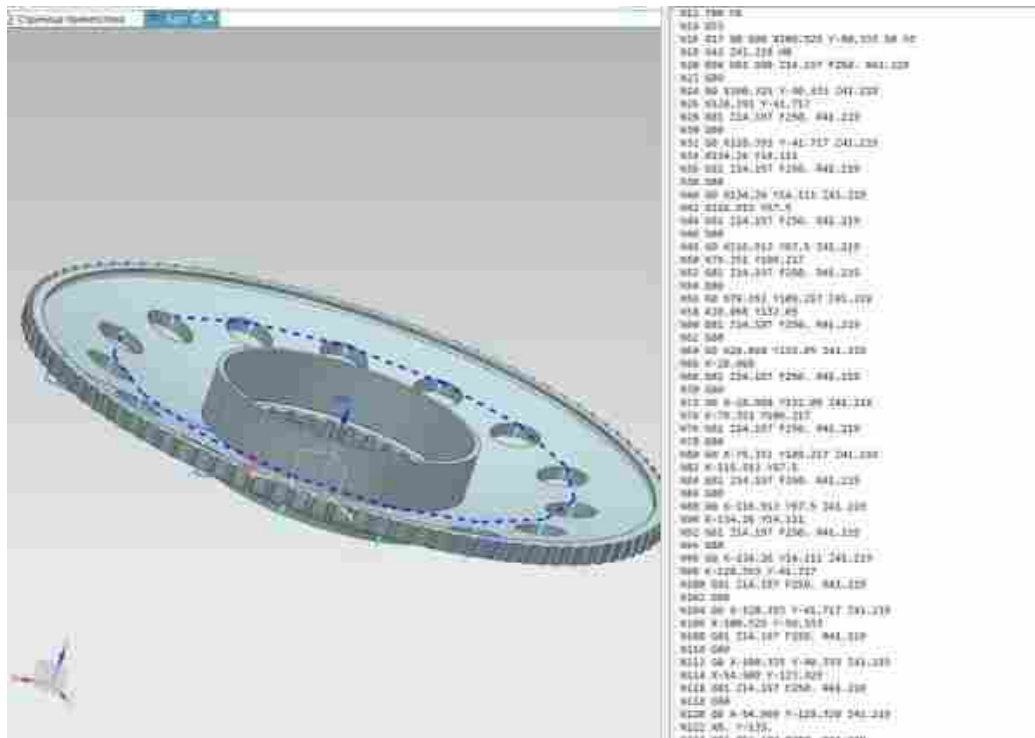


Рисунок 1.9 – Свердлильна операція

### 1.7.3 Розробка фрезерної операції

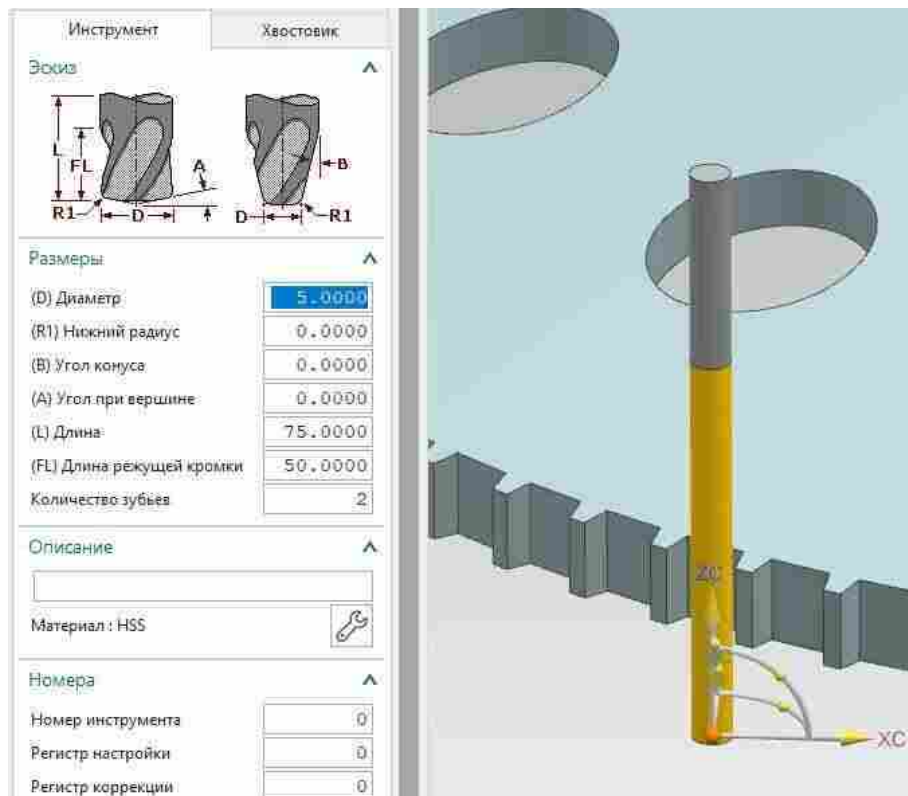


Рисунок 1.10 – Вибір інструменту

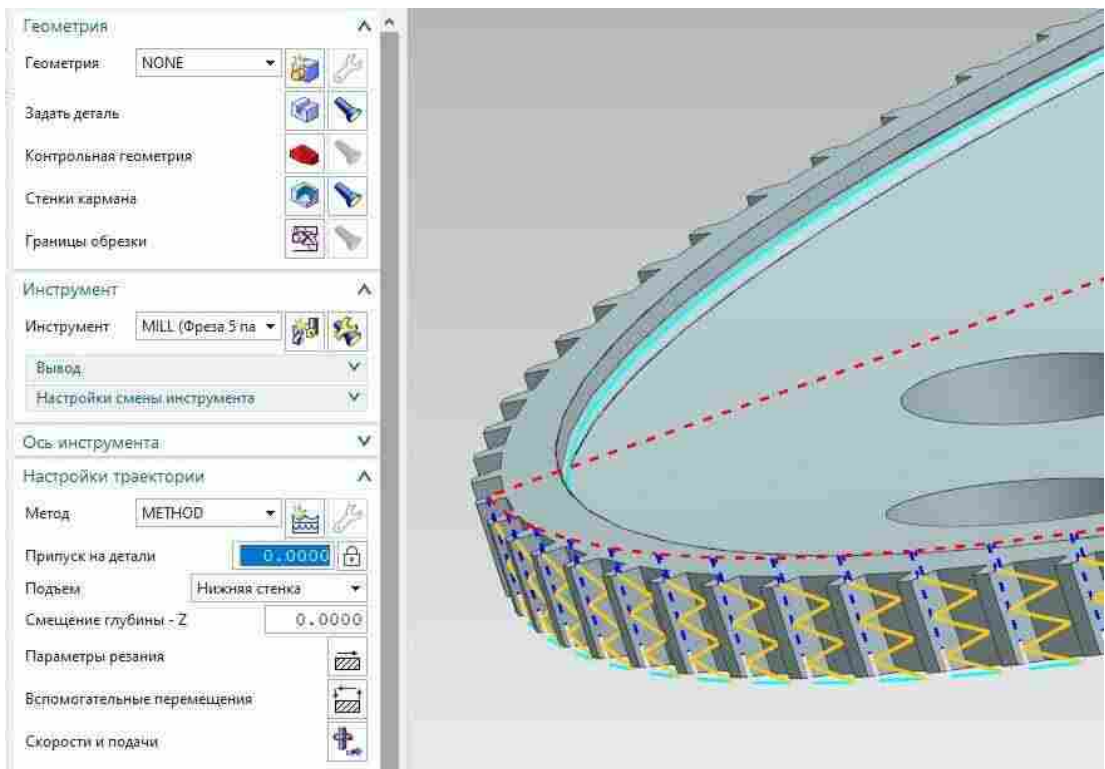


Рисунок 1.11 – Налаштування траекторії руху

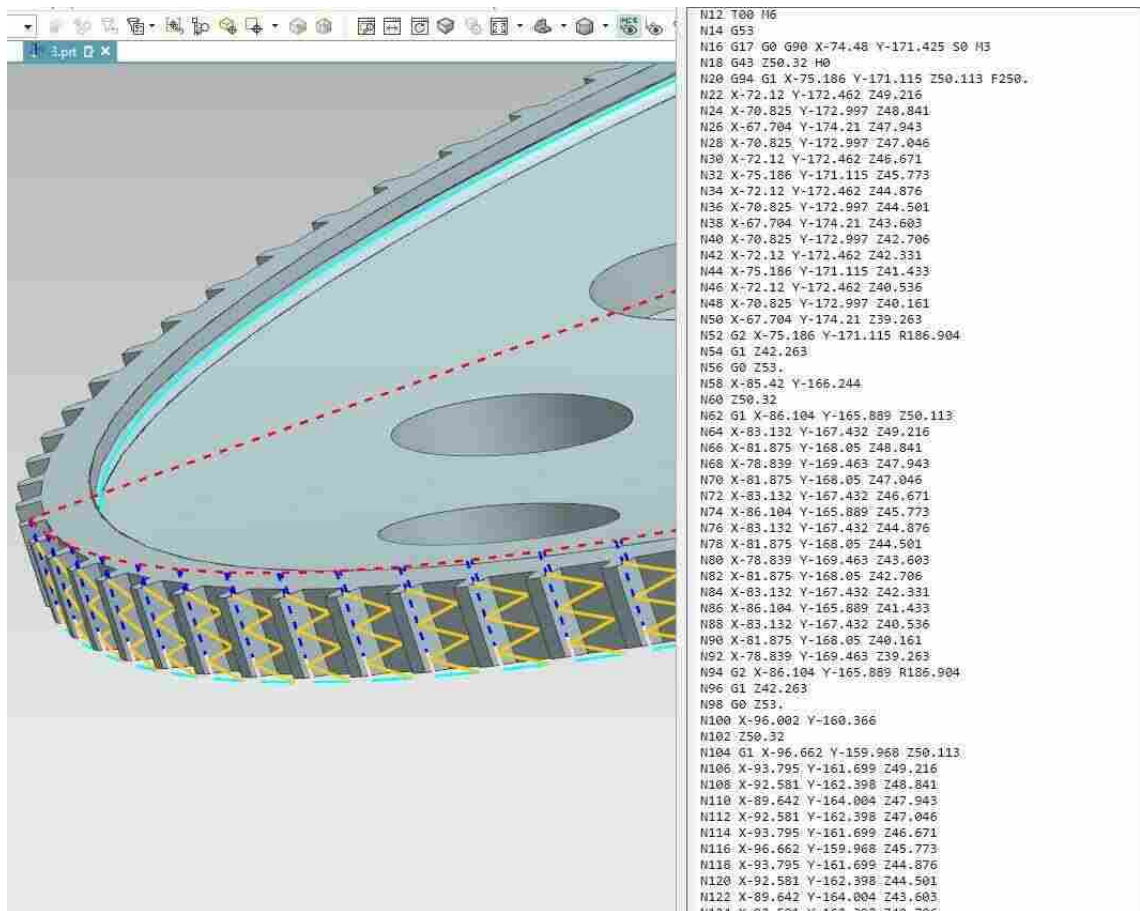


Рисунок 1.12 – Фрезерувальна обробка

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування робочого пристосування

#### 2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Патрони токарські встановлюються на універсальних і спеціальних верстатах і використовуються для кріплення деталей на осі шпинделя. Завдяки їх застосуванню досягається надійна фіксація і збільшується зажимне зусилля при великому моменті. Деталь не зривається, зберігає правильне положення при роботі, знижуючи ризик поломки різця і забезпечуючи високу швидкість виготовлення виробу.

Патрони для токарних верстатів проводяться із загартованої сталі, рідше - чавуну, і відрізняються один від одного конструкцією і призначенням. Розроблено і затверджено вісім стандартів, що описують вимоги до цих елементів. Наприклад, згідно з ГОСТ 1654-86, виділяється 4 класу точності: А (особливо висока), В (висока), П (підвищена) і Н (нормальна).

Класифікація патронів:

- кулачкові; - цангові.

Перші складаються з декількох рухомих сегментів (кулачків), за рахунок яких і відбувається фіксація деталі. Вони застосовуються для більшості операцій і відрізняються один від одного особливостями конструкції і призначенням. Цангові патрони випускаються з висувною, нерухомою або втягується цангою, яка закріплює деталь в потрібному положенні.

Патрон токарний також класифікується по:

- кількості кулачків (від двох до шести);
- особливостям кріплення (по зовнішньої або внутрішньої поверхні);
- специфіці виконання (цільні, збірні або накладні кулачки);



- використовуваному приводу (ручний або механічний).

Кожен вид пристрою має свої переваги, особливості використання і призначений для певних функцій.

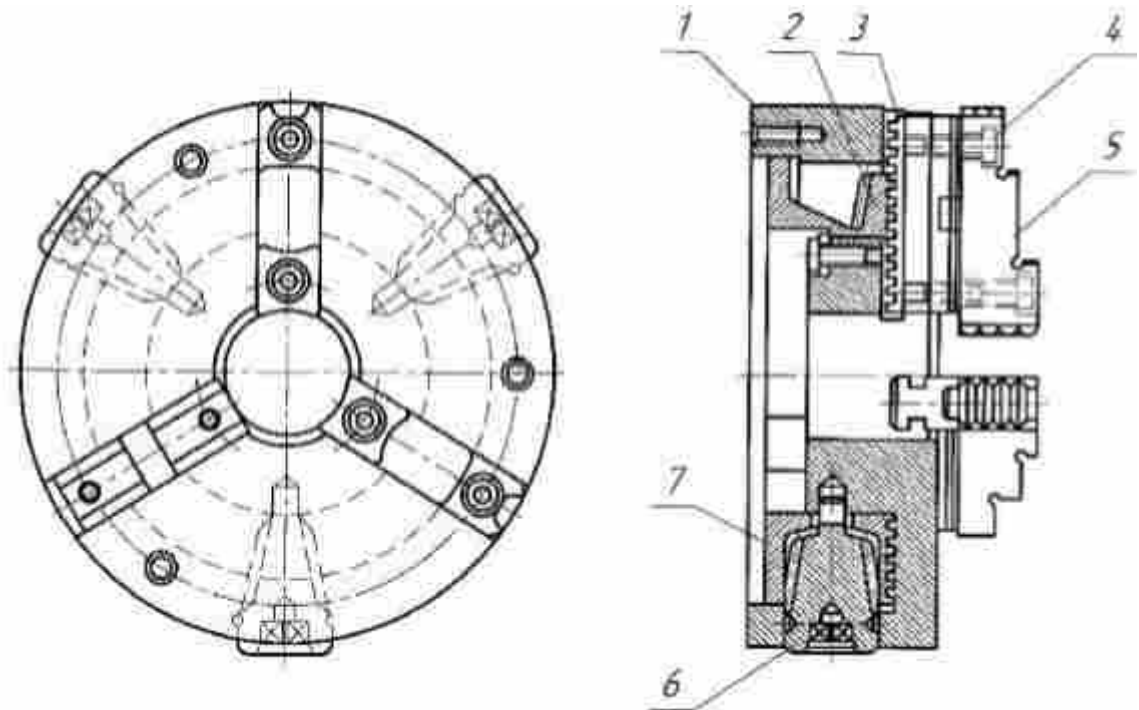


Рисунок 2.1 – Універсальний самоцентрувальний спірально-рейковий патрон.

Найбільш широке застосування одержали універсальні трикулачні спірально-рейкові патрони (рис. 2.1). У корпусі 1 патрона розташований диск 2, що має на одному торці конічне зубчасте колесо, а на іншому – спіральні рейкові пази, що знаходяться в зачепленні з рейками 3. У хрестоподібному пазу рейок 3 встановлюють і закріплюють гвинтами 4 прямі і зворотні накладні кулачки 5. При обертанні торцевим ключем одного з трьох конічних зубчастих коліс 6, що знаходяться в зачепленні з конічним колесом диска 2, останній повертається і переміщує рейки 3 з кулачками 5 до осі патрона при затиску деталі і від осі – при її розтиску. Кришка 7 утримує диск 2 в корпусі патрона від поздовжнього зміщення і перешкоджає попаданню в патрон стружки і бруду.

Деякі патрони виготовляють з цільними прямими і зворотними кулачками з нарізаними на їх торцях рейками для безпосереднього сполучення зі спіральними пазами диска 2.

Недолік цих патронів полягає в тому, що радіуси кривизни на різних ділянках спіралі диска 2 різні, а радіус рейок 3 кулачків однаковий, тому зіткнення рейок 3 з витками спіралі диска 2 відбувається не по всій поверхні, а по невеликих (вузьким) ділянках. В результаті неповного зачеплення витків спіралі диска з рейками кулачків виникають високі питомі тиску в сполученні і відбувається значний знос центрувального механізму і втрата точності патрона. Для підвищення зносостійкості застосовують загартування, і шліфування витків спіралі диска і рейок кулачків патрона.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталі, що оброблюються в самоцентруючих патронах, можна розділити по двох показниках, при яких похибка встановлення приблизно однакова:

1. По методу обробки:
  - а) зовнішнє гостріння без виділення пилу;
  - б) зовнішнє гостріння і внутрішнє розточування глухих отворів з виділенням пилу;
  - в) розточування наскрізних отворів без виділення пилу;
  - г) внутрішнє шліфування, розточування наскрізних отворів з виділенням пилу.

Патрони, на яких виконувалась обробка заготовок на протязі хоча б 10 змін по методу "Г", повинні розраховуватися з врахуванням похибки установки, незалежно від подальшого методу обробки.

2. По точності обробки поверхні, що затискається:

а) до 0,1 мм;

б) до 0,3 мм;

в) понад 0,3 мм.

Вивірка по індикатору зовнішньої, внутрішньої і торцевої поверхонь дає високу точність (рис. 2.2). Сійку індикатора встановлюють на супорті або на плиті. Штифт індикатора підводять до деталі і поворотом патрона вручну та контролюють биття.

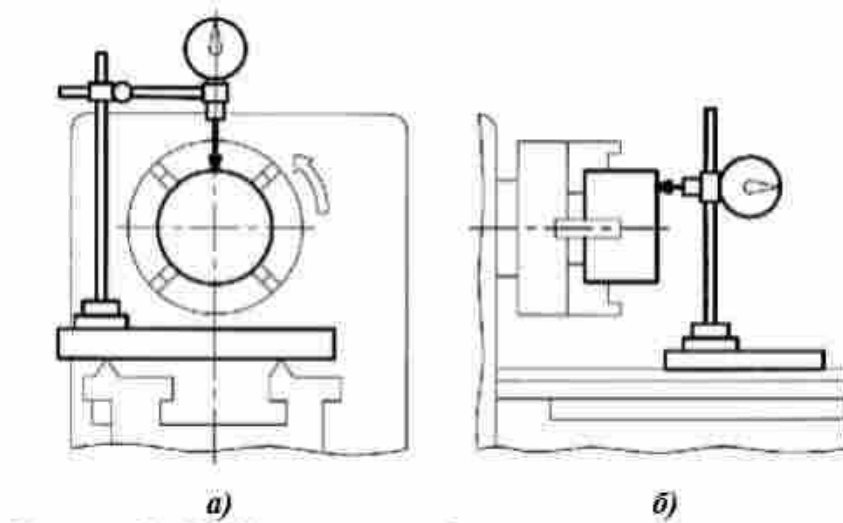


Рисунок 2.2 – Вивірка заготовки інструменту в трикулачному патроні:  
а) індикатором по зовнішній поверхні; б) індикатором по торцю

Повне базування досягається в момент докладання сил. Розраховуємо похибку установки. Похибка установки – це та помилка, яка виникає під час установки і закріплення заготовки в пристрої.

$$\sigma_{уст} = \sqrt{\sigma_{\delta 2}^2 + \sigma_{\delta 3 2}^2}$$

Розраховуємо похибку базування.

$$\sigma_{\delta} = \sigma_d$$

d- діаметр отвору  $147 - 0,25$   $\sigma_d = 0,25 \text{ мм} = 250 \text{ мкм}$ .  $\sigma_{\delta} = 250 \text{ мкм}$

Похибка закріплення  $\sigma_z = 130 \text{ мкм}$

Визначаємо похибку установки по (2.1), звідки

$$\sigma_{уст} = \sqrt{250^2 + 130^2} = 282 \text{ мкм}$$

Перевірку точності базування відносно точності розміру, якого слід дотримуватися при механічній обробці проводимо за нерівністю

$$\sigma_{уст} \leq \sigma_p$$

Розмір, якого необхідно дотримуватися –  $375 + 0,53$

Допуск на розмір  $\sigma_p = 0,53 \text{ мм} = 530 \text{ мкм}$ .

Тоді:

$$(\sigma_{уст} = 282) < (\sigma_p = 530)$$

Обрану схему базування слід вважати раціональною.

Визначаємо точність затискного пристрою

$$\sigma_{\pi} = \sigma_p - (K_1 \cdot \sigma_{\delta} + \sigma_z + K_2 \cdot \omega)$$

де,  $K_1$  – коефіцієнт зменшення похибки базування -  $0,6 - 0,8$ ;

$K_2$  - коефіцієнт зменшення економічної точності -  $0,6 - 1,0$ ;  $\omega$  -

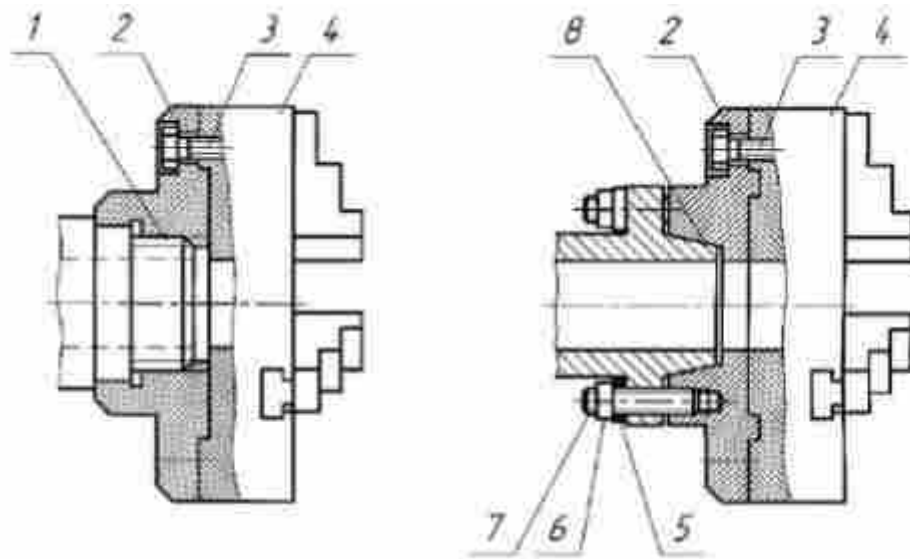
середньо економічна точність обробки на верстаті –  $90, \text{ мкм}$

Тоді маємо:

$$\sigma_{\text{п}} = 530 - (0,6 \cdot 250 + 130 + 0,8 \cdot 90) = 178 \text{ мкм}$$

Отже, точність пристрою в межах 0,2 мм.

Установка універсальних трикулачних патронів на шпиндель верстата здійснюється через планшайбу, яка, або нагвинчується на передній кінець шпинделя, або центрується по зовнішньому посадковому конусу кінця шпинделя і притягається до торця фланця чотирма гвинтами (рис.2.3). Так, на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20 планшайба патрона встановлюється на передній кінець шпинделя верстата за другим варіантом. У цьому випадку, фланцеве закріплення патрона забезпечує високу точність центрування, жорсткість, виключає самовідгвинчування. Для зміни патрона послаблюють чотири гайки 6, а шайбу 5 повертають так, щоб вікна прорізи шайби були проти гайок, далі знімають патрон. Установку і закріплення патрона виконують у зворотному порядку.



1– різьбовий кінець шпинделя; 2– планшайба; 3– гвинт; 4– корпус; 5– шайба;  
6 гайка; 7– шпилька; 8– посадковий конус шпинделя.

Рисунок 2.3 – Закріплення токарного патрона на шпинделі верстата

Сили закріплення тонкостінних заготовок і сили різання в процесі їх обробки приводять до виникнення деформації заготовок і похибок обробки. Тому актуальною задачею є дослідження роботи затискних патронів з гвинтовими елементами для забезпечення рівномірного розподілу зусиль затиску заготовки. На заготовку, яка закріплена в патроні з гвинтовими елементами, діє момент сил різання ( $M_{\text{різ.}}$ ), який прагне повернути заготовку навколо вісі під дією моменту провертання ( $M_{\text{пров.}}$ ). Заготовка утримується від провертання моментом сил тертя ( $M_{\text{тер.}}$ ), що виникає між витками спіралі і заготовкою.

Рівняння рівноваги заготовки можна записати у вигляді:

$$M_{\text{пров.}} - M_{\text{тер.}} = 0$$

Момент провертання розраховуємо збільшуючи момент різання на коефіцієнт запасу:

$$M_{\text{пров.}} = K \cdot M_{\text{різ.}} \quad (\text{Н}),$$

а момент тертя з виразу

$$M_{\text{тер.}} = T \cdot R_1 \quad (\text{Н}),$$

де  $K$  - коефіцієнт запасу;

$T$  – сила тертя між витками спіралі і заготовкою;  $R_1$

– плече дії сил тертя, м.

Силу затиску заготовки всіма витками спіралі визначимо з виразу:

$$W_{\text{сум}} = K M_{\text{різ.}} f_1 R_1 \quad (\text{Н}),$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя між витками спіралі і заготовкою; ( прийма-

емо  $f_1=0,05$ );

$R$  – радіус заготовки.

Момент різання

$$M_{\text{різ}} = P_z R, \text{ (Нм)},$$

тут  $P_z$  – складова зусилля різання.

При цьому осьове зусилля деформування затискного гвинтового елемента визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{ос}} = M_{\text{різ}} (f + \text{tg}\alpha) / R_c$$

Отже, на величину осьового зусилля на штокові патрона при затиску заготовок гвинтовими елементами суттєво впливає момент затиску заготовки, кут підйому витків гвинтового елемента, коефіцієнт тертя між гвинтовим елементом і заготовкою.

Розраховуємо силу на штоку пневмоциліндра виходячи з форми багатоланкового закріплює пристрої. Затискач має Г-подібну форму, тому розрахунок виробляємо за формулою:

$$W_{\text{д}} = Q_{\text{ум}} q \frac{1 - 3fL}{H}$$

Звідки висловлюємо  $Q$ :

$$Q_{\text{ум}} = \frac{W_{\text{д}}}{q \frac{1 - 3fL}{H}}$$

де  $Q_{шт}$  - сила на штоку пневмоциліндра;  $q$

- сила дії пружини;

$L, H$  - довжина "плеча" затискного пристрою, і висота від низу циліндра до місця з'єднання з "плечем";

$W_d$  - дійсна сила затиску;  $f$

$= 0,16$ - коефіцієнт тертя.

Приймаємо  $q = 0$ , так як пружини на пневмоциліндрі немає.

$$Q_{um} = \frac{5511}{1,3} \cdot \frac{7102H}{0,16 \cdot 112 \cdot 240}$$

Зусилля на штоку пневмоциліндра також обчислюється за формулою:

$$Q_{um} = \frac{\pi D^2}{4} p \eta$$

де  $Q_{шт} = 7102 \text{ Н}$  - сила на штоку

пневмоциліндра;  $D$  - діаметр пневмоциліндра;  $p =$

$0,6$  - тиск стисненого повітря, МПа;  $\eta = 0,85$  -

ККД, що враховує тертя.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{um}}{\pi p \eta}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7102}{3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,85}} = 220 \text{ м}$$



Приймаємо найближчий діаметр пневмоциліндра з ряду стандартних - 250 мм, товщина стінки циліндра 14 мм, діаметр штока 50 мм, діаметр різьблення на штоку М30, діаметр шпильок М20, кількість шпильок - 4.

## 2.2 Контрольний пристрій

### 2.2.1 Вибір схеми базування

Контроль якості виробів дуже важливий в сучасному машинобудуванні. Застосування універсальних вимірювальних інструментів і калібрів малопродуктивні, і не завжди забезпечує потрібну точність і зручність контролю, а в умовах поточно-автоматизованого виробництва взагалі неприйнятно.

Контрольні пристосування застосовують для перевірки заготовок, деталей і вузлів машини.

Похибка вимірювання в залежності від призначення виробу допускають в межах  $8 \div 30\%$  поля допуску на контрольований об'єкт.

На вибір схеми вимірювання великий вплив робить задана продуктивність контролю. При 100% перевірки деталей в поточному виробництві час контролю не повинно перевищувати темпу роботи потокової лінії.

Контрольні пристосування служать для перевірки точності виконання розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталі. Точність контрольного пристосування в значній мірі залежить від прийнятого методу вимірювання, ступеня вдосконалення конструкції пристосування і точності виготовлення його елементів.

Активні встановлюють на верстатах, вони контролюють деталі в процесі обробки, даючи сигнал на органи верстата або робочого на припинення обробки або зміна умов її виконання при появі шлюбу.

Контрольне пристосування складається з настановних, затискних, вимірювальних і допоміжних елементів, змонтованих на корпусі пристосування.

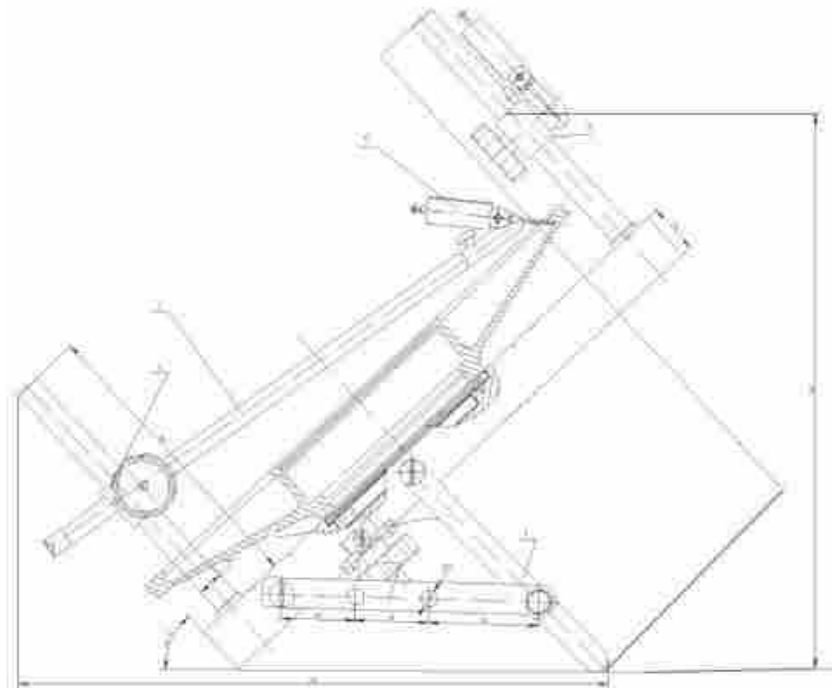


Рисунок 2.4 – Схема базування

### 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

#### 3.1 Автоматизація зміни інструментів на верстатах з ЧПУ

Автоматична зміна інструменту (АЗІ) на верстатах з ЧПУ може узагальнено здійснюватися такими способами:

- зміною положення (поворотом) інструментального магазину;
- шляхом передачі інструменту з магазину в шпindelь верстата через проміжний накопичувач (поворотну головку з двома і більше позиціями);
- шляхом безпосередньої зміни інструменту з магазину в шпindelь верстата;

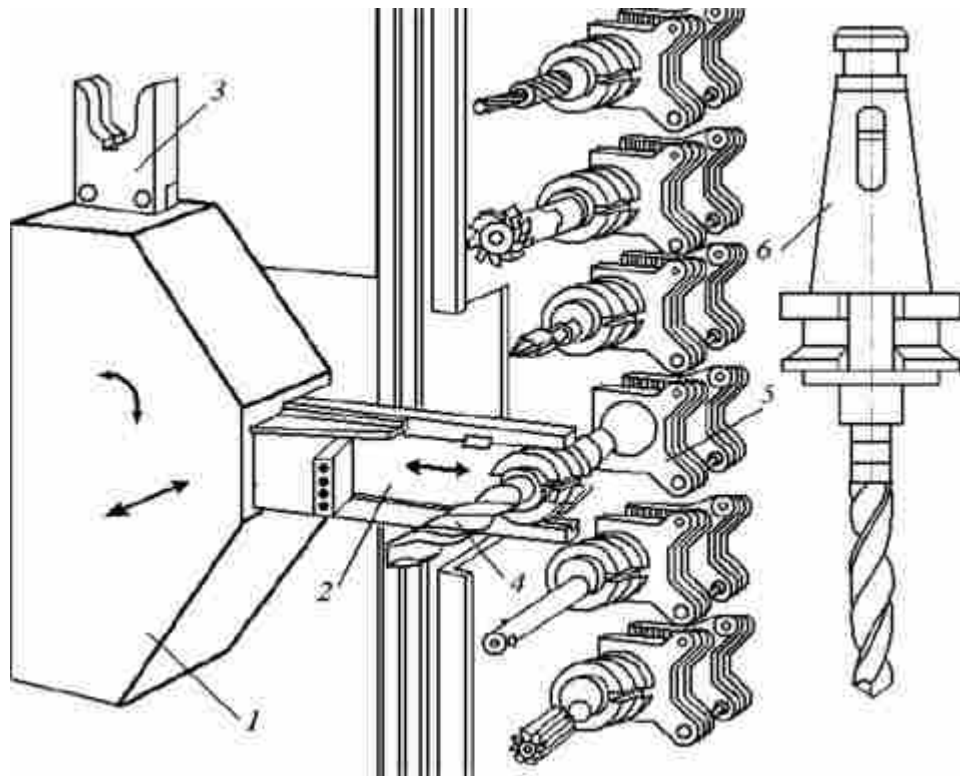
- шляхом передачі інструменту з магазину в шпindel верстата автооператором.

Перший – найбільш простий спосіб АЗІ, коли вони встановлюються в револьверних головках. Зміна інструменту проводиться простим поворотом револьверної головки в обидві сторони на потрібне число позицій з витратою мінімального часу.

Мінімальний час зміни інструменту (1-2 секунди) при більш складній конструкції досягається при другому способі, коли застосовується двопозиційна поворотна головка в комплекті з інструментальним магазином. В цьому випадку час зміни інструменту, що викликає простий верстата, так само часу розфіксації, повороту на 180° і фіксації двопозиційної головки. Вибір інструмента в магазині, установка його на вільну позицію головки відбуваються під час попередньої обробки заготовки.

У деяких верстатах з ЧПУ застосовують третій спосіб зміни інструменту, яка здійснюється за рахунок певного циклу переміщення шпindelної бабки щодо інструментального магазину.

Найбільш широко в багатоцільових верстатах застосуємо четвертий спосіб зміни інструменту з автооператором, який, хоча і складніше, значно скорочує час зміни інструменту завдяки його попереднім вибором з магазину під час попередньої обробки заготовки. При даному способі зміни інструменту конструкцію і компоновку механізмів виконують по різному в залежності від місця розташування інструментального магазину на верстаті.



1 - корпус захоплення руки; 2 - захоплення руки; 3 - вільний захоплення механічної руки; 4 - інструмент; 5 - гніздо ланцюга інструментального магазину верстата; 6 - конусна оправлення.

Рисунок 3.1 – Принципова схема пристрою для АЗІ на верстатах з ЧПУ

Для захоплення автооператором оправок з інструментами застосовують захватні пристрої різних типів (наприклад, кліщового типу і типу охоплює скоби з фіксуючим пристроєм).

При АЗІ важливим завданням є пошук потрібного інструменту в магазині. Це може забезпечуватися такими способами:

- кодуванням посадочних місць магазину; оправлення з інструментом в цьому випадку встановлюються в одні і ті ж місця, але можуть використовуватися багаторазово в будь-якій послідовності;
- кодуванням самих оправок з інструментами; інструменти в цьому випадку можуть встановлюватися в будь-якій послідовності і в будь-яке місце на магазині.

Спочатку в більшості багатоцільових верстатів кодування оправок з інструментами проводилось установкою на хвостовику набору кодівих

кілець. При повороті магазину хвостовики переміщуються щодо обмацує пристрою. Коли знаходиться потрібний інструмент, магазин зупиняється і відбувається зміна інструменту. Недоліки цього способу: ускладнення конструкції хвостовика і збільшення його довжини і маси; відносна трудомісткість установки кілець. В даний час застосовується електронна система кодування резцедержавок і оправок.

Класифікація інструментальних магазинів:

1. Ланцюгові магазини (Рисунок 3.2) представляють собою осередки для зберігання оправок, інструментів з'єднаних між собою транспортної ланцюгом, що переміщується по напрямних. Ємністю від 16 до 360 інструментів. Виконуються довільної конфігурації, можуть розташовуватися поблизу робочої зони обладнання, але переважно розташовувати поза верстатом.

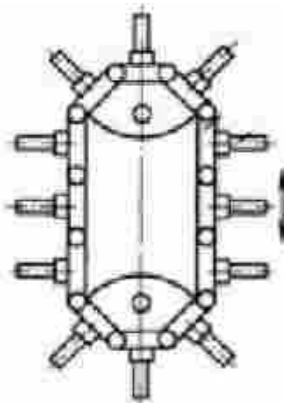


Рисунок 3.2 – Ланцюговий магазин.

2. Дисківі магазини (Рисунок 3.3) виконують з вертикальною, горизонтальною і похилою осями повороту, являють собою диски з виконаними на торцевій поверхні гніздами (осередками) для інструментальних оправок.

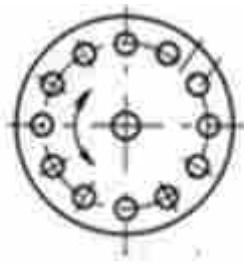


Рисунок 3.3 – Дісковий магазин.

3. Барабанні магазини (Рисунок 3.4) бувають з вертикальною віссю повороту і горизонтальної, встановлюються в осередки оправками інструменту. Інструментальні оправлення встановлюються по утворюючій. Ємність таких магазинів від 16 до 72 інструментів, можуть виконуватися багатоярусними, що значно збільшує місткість.

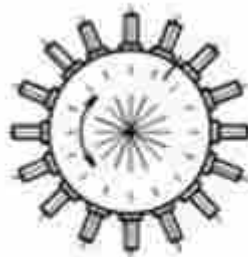


Рисунок 3.4 – Барабанний магазин.

4. Діскові і барабанні (Рисунок 3.5) магазини в основному розташовуються на верстатах як в робочій, так і не в робочій зонах і також називаються поворотними.

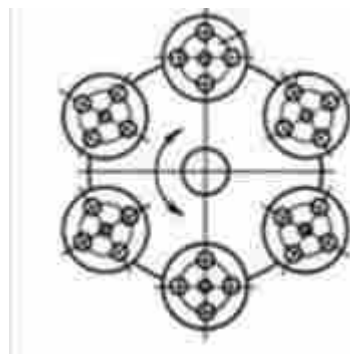


Рисунок 3.5 – Поворотні магазини.

5. Стелажного виду магазин (Рисунок 3.6) – це плита з виконаними в ній гніздами під оправлення інструменту, досить містка і розташовується в основному поза верстатом. Забезпечує найбільш щільну установку зберігання інструменту, але вимагає більш складного механізму пошуку і зміни інструменту. Доступ до інструмента обмежений.

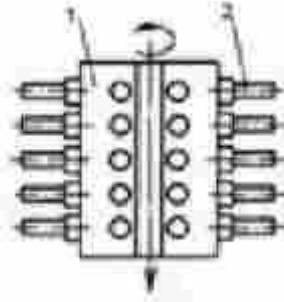


Рисунок 3.6 – Магазин стелажного виду.

Система роботи інструментального магазину в обробних центрах.

На Рисунках 3.7 та 3.8 представлена схема конструкції дискового інструментального магазину. Після того що система інструментального магазину ЧПУ посилає розпорядження сигналу поміняти інструмент, DC мотор сервопривід 1 включається, його рух через поперечну муфту 2, черв'ячний 4, черв'ячні колесо 3 передається на диск 14, який з 16-ма гніздами 13 повертається, щоб завершити вибір інструменту для роботи.

В кінці кожного гнізда для інструменту є ролик 11, коли інструмент замінили, то тоді переходить знову в позицію зміни інструменту, ролик 11 в вилці 7 з паза. У той час як нижній повітряний насос 5 за допомогою стиснутого повітря, впливає на поршневий шток 6, пускає в хід вилку 7, піднімається, вимикаючи перемикача 9 для того, щоб відключити ланцюг для запобігання роботи інструментального магазину і несправного шпинделя. При процесі підйому вилки 7, гніздо для інструменту направляти навколо штиря 12 проти годинникової стрілки, опустити вниз на 90 °, так щоб осі інструменту і осі шпинделя були паралельні.

Гніздо для інструменту при обертанні  $90^\circ$ , вилка 7 піднімається до кінця, натисніть і утримуйте положення перемикача 10, отриманий сигнал, призводить в дії маніпулятора, яка вистачає інструмент. За допомогою гвинта 8 можна регулювати хід вилки.

Вилка знаходиться на осі інструменту щодо осі шпинделя.

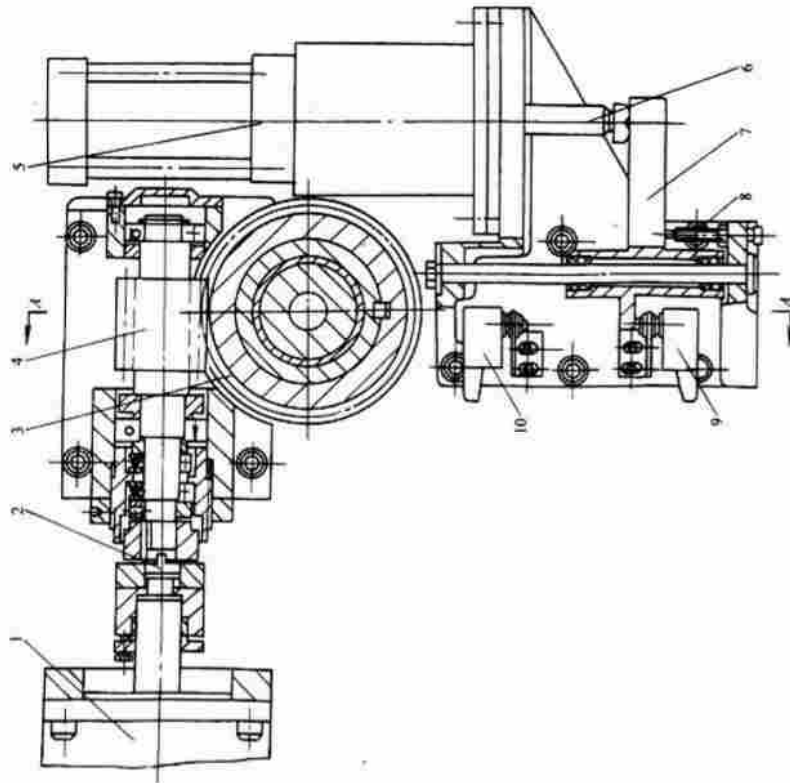


Рисунок 3.7 – Схема конструкції інструментального магазину.

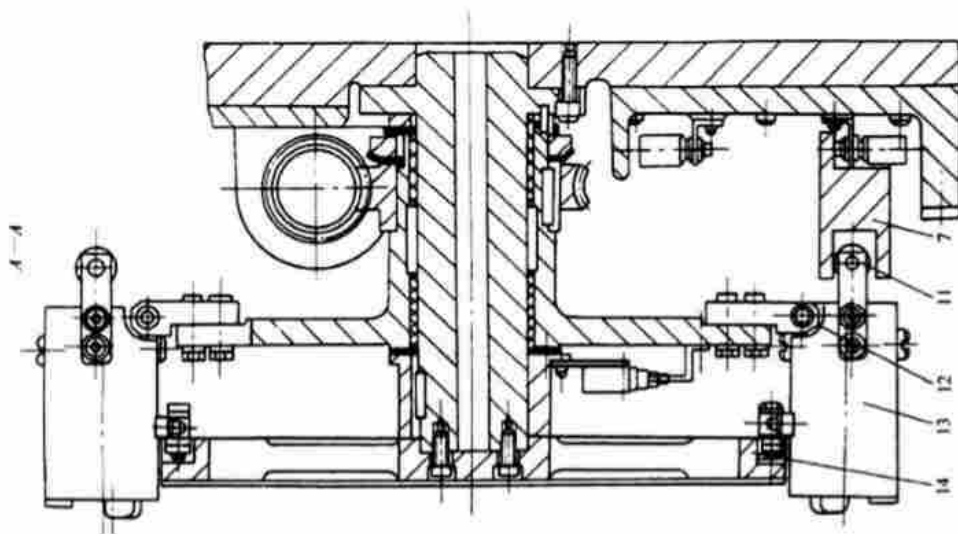


Рисунок 3.8 - Схема конструкції інструментального магазину



Багато сучасних верстатів з ЧПУ мають корисний пристрій (рис.3.9), що звільняє оператора від зайвого втручання в виробничий цикл верстата. Інструменти знаходяться в осередках спеціального барабана, який зазвичай називають магазином інструментів. У більшості верстатів кожен з осередків магазину інструментів має власний номер. Спеціальні датчики і пристрій зворотного зв'язку допомагають системі ЧПУ визначити положення магазину інструментів та наявність інструменту в осередках.



Рисунок 3.9 – Ріжучі інструменти в магазині верстата з ЧПУ

Зазвичай для виконання АЗІ програміст безпосередньо вказує номер інструменту, який необхідно взяти (номер інструменту збігається з номером комірки інструментального магазину). Такий спосіб зміни інструменту називається абсолютним. Деякі старі верстати використовували відносний спосіб зміни інструменту. У цьому випадку номер інструменту відраховується від номера поточного інструменту, що менш зручно.

Виробники верстатів постійно вдосконалюють конструкцію пристроїв автоматичної зміни інструменту. Сьогодні найбільш популярними є такі конфігурації (рис. 3.10):

- тип «Зонтик»;
- цепного типу;
- барабанного типу;
- плоскі;
- карусельного типу.



Рисунок 3.10 – Типи магазинів зміни інструменту

Спочатку розглянемо алгоритм роботи пристрою АЗІ з переміщенням магазину. Коли керуюча програма доходить до кадру зміни інструменту, шпиндель переміщується в певну точку, що знаходиться поруч з магазином інструментів. Магазин інструментів переміщається в цю ж точку до «зчеплення» інструменту з порожньою осередком. Шпиндель трохи піднімається вгору, звільняючи відпрацював інструмент. Магазин інструментів повертається таким чином, щоб обраний інструмент знаходився під шпинделем. Шпиндель опускається, затискає новий інструмент і відводиться вгору. Магазин інструментів переміщається назад на своє місце.

Якщо магазин інструментів не переміщається, то можливий наступний алгоритм роботи. Спочатку шпиндель переміщується в

певну точку, що знаходиться поруч з магазином інструментів. Потім магазин інструментів повертається таким чином, щоб обраний інструмент знаходився навпроти шпинделя. Механічна «рука», що знаходиться між магазином і шпинделем, захоплює відпрацювавший інструмент в шпинделі і новий інструмент в магазині. Захоплення опускається вниз, звільняє інструмент і змінює їх місцями.

Захоплення піднімається вгору, при цьому новий інструмент затискається в шпинделі, а старий залишається в магазині інструментів.

У сучасних умовах ефективність промислового виробництва багато в чому визначаються швидкістю основного технологічного устаткування. Підвищення швидкості обладнання за рахунок зниження основного машинного часу, шляхом застосування більш інтенсивних режимів різання, не завжди можливо, в тому числі з-за конструктивних особливостей оброблюваних деталей, недостатньою стійкістю інструменту, обмежених технологічних можливостей верстатів. Разом з тим, важливим резервом підвищення швидкості обладнання, а, отже, і його продуктивності є зниження допоміжного часу, частка якого в сумарному часу обробки може досягати 50 відсотків і вище при обробці складних корпусних деталей, для яких необхідно, згідно маршрутного техпроцесу, десятки разів здійснювати процес зміни інструменту.

Жодна з існуючих конструкцій інструментальних магазинів для багатоопераційних верстатів з ЧПУ не може забезпечити істотне зниження часу, що витрачається на зміну інструменту, тому що їх можливості вже повністю вичерпані.

#### 4. РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

Для розрахунку деталі на міцність скористувались програмним комплексом NX CAM.

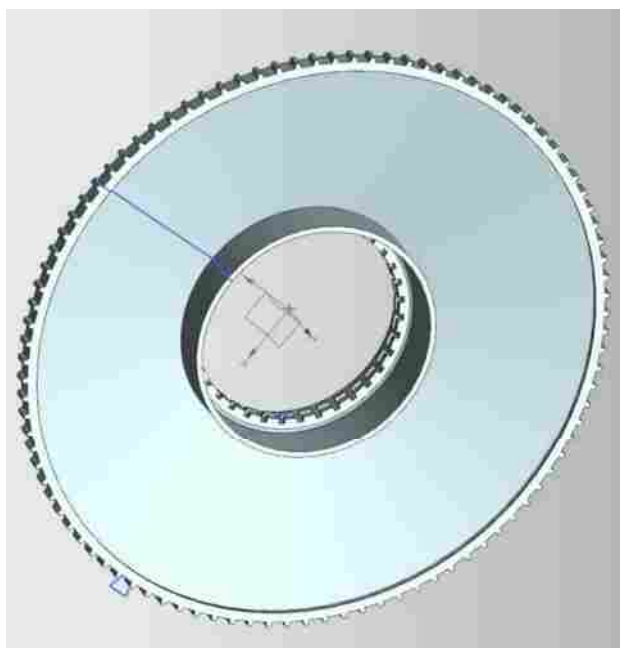


Рисунок 4.1 – Об’ємна модель деталі

Для розрахунку на міцність створили вільну сітку кінцевих елементів

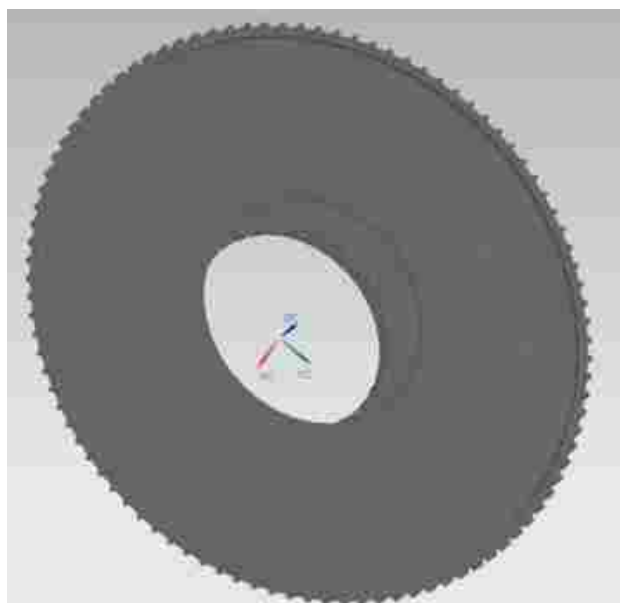


Рисунок 4.2 – Сітка кінцевих елементів

Після закріплення деталі приклали тиск  $\sigma_0 = 1$  МПа та отримали ось такий результат

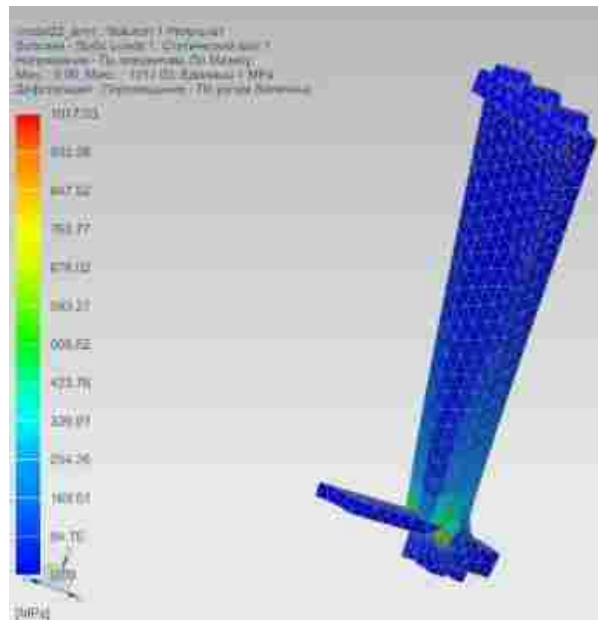


Рисунок 4.3 – Розподілення еквівалентних напружень

## 5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НЕЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «МАТОЧИНА»

### 5.1 Класифікація деталей за категоріями жорсткості

Проектування технологічного процесу механічної обробки конкретної заготовки передусе аналіз вихідних даних, серед яких жорсткість займає одне з перших місць. Від неї багато в чому залежить характер побудови технологічних операцій, вибір інструментів і обладнання, призначення режимів процесу обробки.

Жорсткість, як відомо, характеризується можливістю опору деталі в межах пружної деформації дії зовнішніх навантажень з відновленням своєї первісної форми після їх зняття. Навантаження, що викликає одиничну деформацію конструкції, служить якісною характеристикою її жорсткості.

Деталі розподіляються по класах відповідно до категорій жорсткості: дуже жорсткі (масивні), деталі підвищеної жорсткості, середньої жорсткості, малої жорсткості. Існує кілька точок зору в методиці оцінки жорсткості деталей. Найбільш об'єктивною слід вважати таку, яка характеризує жорсткість деталі з умови найменшої нерівномірності піддатливості системи і методу обробки. Всі деталі розділяються на п'ять категорій жорсткості (рисунок 5.1). Деталі категорій IV і V називаються нежорсткими.



Рисунок 5.1 - Класифікація деталей відповідно до категорій жорсткості

## 5.2 Класифікація способів обробно-зміцнюючої обробки деталей поверхневим пластичним деформуванням

Існує багато способів для зміцнюючої обробки деталей поверхневим пластичним деформуванням (ППД). Відповідно до класифікації (рисунок 5.2), способи зміцнюючої обробки доцільно розділити на дві групи. До першої групи (статичну ППД) відносяться способи, які характеризуються тим, що деформування поверхневих мікронерівностей відбувається при безперервному контакті і постійній силі впливу інструменту на оброблювану поверхню.



Рисунок 5.2 - Класифікація способів обробно-зміцнюючої обробки поверхонь

### ППД

Найбільше промислове поширення набули дорновання поверхні отворів кульковими і роликковими дорнами, радіальне обтиснення, обкатування кулями і роликами, вигладжування алмазами і твердосплавними

пластинами і ін. До окремої підгрупи статичного ППД відносяться способи вібрацій

ного ППД, які характеризуються тим, що зміцнюючу обробку проводять в умовах вібраційного контакту деформуючих елементів з оброблюваною поверхнею. Новим в кінематиці таких інструментів є наявність додаткового руху деформуючого елемента, наприклад, коливань нормально до оброблюваної поверхні і вздовж неї. Ускладнення траєкторії руху деформують елементів у всіх випадках призводить не тільки до інтенсифікації процесу обробки, але і до поліпшення якісних показників обробленої поверхні деталі.

До другої групи (ударне ППД) відносяться методи, засновані на тому, що деформування поверхневих мікронерівностей здійснюється переважно за рахунок хаотичних або впорядкованих ударів, що наносяться деформуючими елементами по оброблюваної поверхні. В результаті ударів на поверхні утворюються локальні пластичні відбитки, які згодом покривають всю оброблену поверхню деталі. При цьому відбувається імпульсний контакт інструменту з оброблюваної поверхнею.

Ударне ППД, в свою чергу, підрозділяється на чотири підгрупи. До першої підгрупи відноситься обробка дробом, яка включає дробеструменеву, дробеметну і струменево-ударну обробки.

Дробеструменева обробка в залежності від виду робочого середовища, що подає дріб в зону обробки, підрозділяється на пневмо-, гідро- і пневмогідроструменеву. При дробеметній зміцнюваній обробці подача дробу в зону обробки здійснюється дробемет-ротором, який обертається зі швидкістю 40 ... 100 м / с. Струменево-ударна обробка поверхні деталі включає дробеструменеву і абразивно-струменеву обробку, яка, крім зміцнення, підвищує маслоємність поверхонь прецизійних пар тертя. Для другої підгрупи - ударно-імпульсної обробки - характерна можливість впливу на зміцнюючих поверхню керованим імпульсом з отриманням необхідного розташування



пластичних відбитків на обробленій поверхні деталі. Найбільш поширеною обробкою такого типу є карбування.

Однією з різновидів ударно-імпульсної обробки є новий вид ППД - статико-імпульсна обробці матеріалів (СІО). Цей процес реалізується за допомогою розробленого гідравлічного генератора механічних імпульсів. Попереднє статичну піджаття інструменту перед ударом дозволяє найбільш повно передати енергію удару в навантажувати середу, підвищуючи ККД процесу до 30%. СІО рекомендується для зміцнення важко навантажених деталей, що мають глибину шару, що несе до 10 мм і більше, які працюють в умовах втомного зносу. СІО дозволяє варіювати в широких межах ступінь і глибину зміцнення. При цьому може бути отриманий майже рівномірно зміцнений шар глибиною до 10 мм зі ступенем зміцнення до 250 ... 300%.

До третьої підгрупи відноситься віброударна обробка, для якої характерна наявність ударних імпульсів в поєднанні з вібраціями. Віброударна обробка дробом здійснюється в віброуючій робочій камері за рахунок зіткнення сталевих загартованих куль в абразивному середовищі і поверхонь оброблюваних деталей. До цієї ж підгрупи відносяться і нові способи пневмовібродінамічна обробки – пневмоцентробіжна (ПЦО) і імпульсноударна пневмовібродінамічна обробка (ІУ ПВДО).

В окрему підгрупу виділяють способи ультразвукового ППД, при якому до інструменту, поряд зі статичною силою притиску до оброблюваної поверхні, повідомляють ультразвукові коливання, що створюються спеціальним генератором. В результаті інструмент імпульсно деформує поверхневий шар деталі з великою інтенсивністю коливань, що дозволяє значно в порівнянні зі статичним обкатуванням збільшити кратність застосування сили при обробці.

Однак розроблена класифікація способів поверхневого деформування не відображає повною мірою різноманіття процесів обробки нежорстких

деталей поверхневим пластичним деформуванням і іншими способами, які набули широкого поширення в технології машинобудування. Оптимальним варіантом їх класифікації може бути ознака робочого середовища в процесі обробки.

На рис. 5.3 представлена класифікація способів обробки нежорстких деталей, для яких характерне використання як енергоносія середовища під тиском.

Найбільш загальною ознакою для пневмовібраційної струменево-абразивної, гідроабразивної і гідрообробки є використання середовища під тиском в якості енергоносія. Це саме можна сказати і до пневмоімпульсної, і до пневмовібродінамічної обробкам.

Пневмоімпульсний спосіб обробки полягає в тому, що у внутрішню порожнину валу з обох сторін періодично подається стиснене повітря, який призводить в зворотно-поступальний рух робочу суміш, що представляє собою гранули абразиву або сталеві кулі, що застосовуються в залежності від умов обробки. Для забезпечення стабільних властивостей поверхневого шару деталі необхідно проводити закрутку потоку повітря разом з робочими тілами. Процес апробований на пустотілих валах газотурбінних двигунів. Спочатку необхідно проводити полірування, а потім зміцнення сталевими кулями. Цей спосіб обробки дозволяє замінити шліфування та полірування. Крім того, створюються залишкові напруги до 400 МПа, глибина залягання яких становить 0,15

... 0,2 мм.



Рисунок 5.3 - Класифікація способів обробки нежорстких деталей з використанням середовища під тиском

Сучасні способи вібродінамічної обробки можна класифікувати за видами обробки і стосовно конфігурації оброблюваних поверхонь нежорстких деталей (рис. 5.4). Всі розглянуті способи обробки допускають використання роторних машин, ліній, тому їх слід відносити до технологій високого класу. При цьому можлива обробка заготовок в процесі безперервного транспортного руху інструменту і предмета обробки.



Рисунок 5.4 - Класифікація способів вібродинамічної обробки

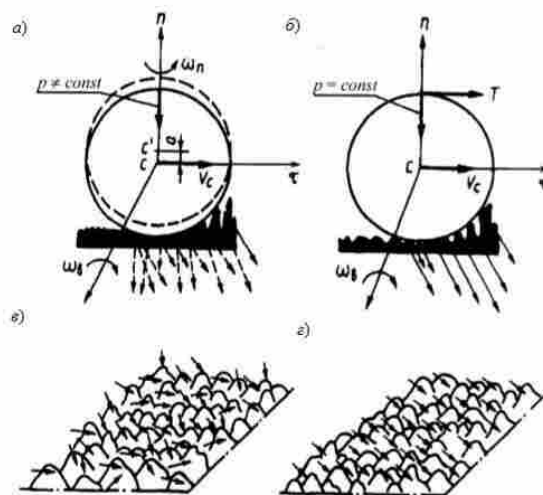
### 5.3 Спосіб фінішної зміцнюючої пневмоцентробіжної обробки деталей

Механіка процесу фінішної зміцнюючої ПЦО була реалізована в певній мірі на принципі роботи пневматичного кулькового вібродвигуна, що представляє собою механізм з однією рухомою деталлю - кулею, який під дією стисненого повітря, що надходить через одне або декілька сопел, рухається по біговій доріжці кільця, закріпленого в корпусі. Якщо встановити вібродвигун на рухому систему, то в залежності від накладених зв'язків вона буде вібрувати в напрямку залишилися ступенів свободи, що лежать в площині руху кулі.

Необхідна частота і зусилля вібрацій регулюються тиском подається стисненого повітря. Так, наприклад, при тиску стисненого повітря 0,1 ... 0,2 МПа і в залежності від конструкції вібродвигуна отримують частоту обертання кулі 4000 ... 8000 хв<sup>-1</sup>, а при тиску 1,0 ... 1,1 МПа частота обертання кулі становить 19000 ... 25000 хв<sup>-1</sup>.

В основі способу ПВДО лежить механізм імпульсного впливу на оброблювану поверхню робочих тіл, що мають багатовісним обертання щодо власного центру мас і переміщуються в турбулентному кільцевому потоці стисненого повітря, який знаходиться в стані адіабатичного закінчення при виході з сопел камери розширення інструменту. На цьому принципі розроблені способи ПЦО зміцнюючої, суперфінішної, абразивної, імпульсно-ударної (ІУО), суміщеної, комбінованої фінішної обробки заготовок головним чином нежорстких деталей. Спосіб ПЦО містить основні вищеназвані ознаки процесу ПВДО.

Як видно з рис. 5.5, силовий вплив на мікрорельєф оброблюваної поверхні при ПЦО відрізняється від впливу традиційної обробкою ППД - алмазним вигладжуванням, розкачування і ін.



а, в - ПЦО; б, г - обробка традиційними способами ППД

Рисунок 5.5 – Схема силового впливу деформації елементів на вихідний мікрорельєф

Механізм формування мікрорельєфу наближається до вібронакатання з переважаючим напрямком сили по нормалі до оброблюваної поверхні. Зміна траєкторії руху центрів куль по еліпсу сприяє безперервному періодичній зміні зусилля, що покращує якість формування зміцненої поверхні. Режим складного автоколивального руху робочих тіл з шістьма



Для з'ясування сутності способу пневмоцентробіжної обробнозміцнюючої обробки розглянемо конструкцію і принцип роботи інструменту (рис.

5.7). На бічній поверхні корпусу 1 інструменту перпендикулярно його осі виконана камера розширення 2, в якій вільно розміщені деформують кулі 3.

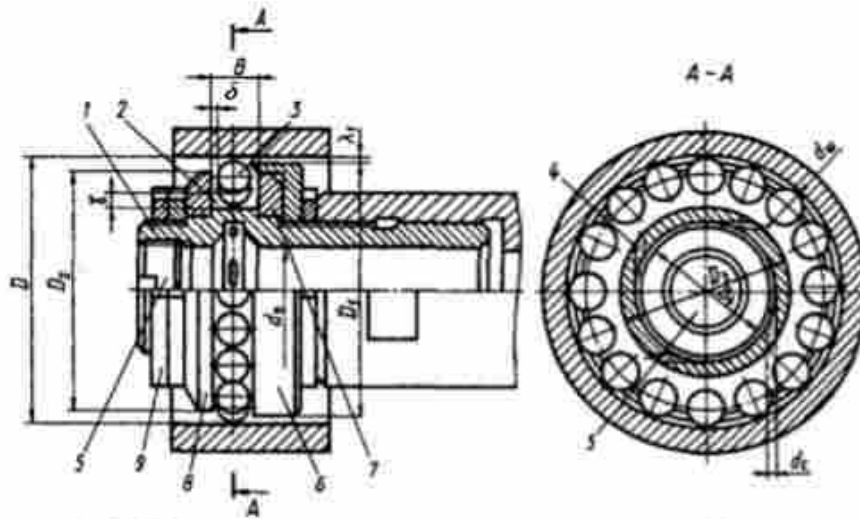


Рисунок 5.7 - Пневматичний кульковий накатник відцентрової дії

Стиснене повітря, потрапляючи в камеру з сопел, розширюється, в результаті відбувається адіабатичний процес, пов'язаний з поглинанням тепла, що виникає в процесі обробки. У корпусі 1 знаходяться центральне осьовий отвір і тангенціально розташовані сопла 4, які служать для підведення середовища під тиском (стисненого повітря) в камеру розширення 2 до деформуючим кулях 3. З торцевого боку осьовий отвір корпусу 1 закрито пробкою 5. Для попередження випадання деформуючих куль з камери розширення передбачений кожух 6, т. е. створені умови для швидкої і зручної заміни куль в разі їх зносу і забезпечується технологічність виготовлення дисків 7 та 8. Бічні поверхні камери розширення утворені торовими поверхнями дисків 7 та 8, кожен з яких насаджений на посадочні циліндричні поверхні корпусу 1 і зафіксований гайками 9 від повороту і осьового переміщення.

Корпус 1 має хвостовик з різьбовий і гладкою циліндричними частинами для закріплення інструменту в оправці, за допомогою якої передається осьове зусилля від виконавчого механізму пристрою або верстата для переміщення інструменту уздовж осі оброблюваної деталі. Осьовий отвір корпусу пов'язане з джерелом живлення.

Процес обробки полягає в наступному. Інструмент в початковому положенні встановлюють співвісною з оброблюваної заготівлею таким чином, щоб деформують кулі 3 увійшли з нею в контакт. Оброблюваної заготівлі повідомляють обертання (можлива обробка при нерухомому положенні), а інструменту - лінійне переміщення уздовж осі цієї заготовки. Одночасно підводять стиснене повітря від системи харчування до центрального осьового отвору корпусу 1 інструменту, далі до сопел 4 камери розширення 2 і до деформуючим кулях 3.

Під дією стисненого повітря кулі переміщаються уздовж камери розширення і отримують орбітальне обертальний рух, перекочуючись по оброблюваної поверхні, в результаті створюється відцентрова сила разом з іншими силами, що діють з боку кожної кулі на оброблювану поверхню.

Крім обертального, кулі роблять осцилююче і радіальне переміщення по відношенню до оброблюваної поверхні в межах осьового  $\delta$  і радіального  $\gamma$  зазорів кулі в камері розширення інструменту. В процесі обробки напрямок кругового обертового руху куль і оброблюваної заготовки може бути або зустрічним, або попутним. Можлива обробка заготівлі, яка не обертається, а також при попутному русі оброблюваної поверхні і куль.

При обертанні деформуючі кулі розвивають основну відцентрову силу пластичного деформування, в результаті при складній взаємодії цих куль з оброблюваної поверхнею відбуваються м'яття і згладжування її мікронерівностей. Після закінчення процесу накочування поверхні інструмент повертають в початкове положення, припинивши подачу повітря в камеру розширення.



#### 5.4 Спосіб зміцнюючої ІУ ПВДО деталей

На малюнку 5.8 представлений імпульсно-ударний кульковий накатник для обробки внутрішніх поверхонь обертання, що складається з корпусу 1, на якому диски 2 і 3 утворюють камеру розширення Б, що має форму кільцевої канавки, де вільно розміщені призводять кулі 4. На диску 3 розташований стакан 5, який має можливість осьового переміщення по зовнішньої різьбовий поверхні диска 3. Звернені один до одного торці диска 2 і склянки 5 утворюють кільцеву канавку В, в якій вільно розміщені бойки 6. У заданому положенні стакан 5 фіксується за допомогою гвинта 7, упирається в різьбу диска 3. Ширина камери розширення Б регулюється осьовим переміщенням диска 3 щодо корпусу 1, після чого диск фіксується на корпусі гайкою 8. Корпус забезпечений різьбовим хвостовиком для закріплення інструменту на оправці 9. Для підвода стисненого повітря в корпусі 1 виконано осьовий отвір Г, закриті з торця пробкою 10. Камера розширення Б з'єднана з осьовим отвором Г корпусу 1 тангенціальними каналами-соплами Д, з атмосферою - отворами Е.

При роботі імпульсно-ударного інструменту оправлення 9 закріплюється, наприклад, в задній бабці токарного верстата, що обробляється деталь - в його патроні. Оброблюваної деталі повідомляють обертання, в осьову порожнину Г корпусу 1 подають стиснене повітря. Поступаючи через тангенціальні канали-сопла Д в камеру розширення Б, він призводить кулі 4 в круговий рух по призматичним направляє камери розширення Б. При круговому переміщенні кулі здійснюють періодичне ударну дію на бойки 6, розміщені в зовнішній кільцевій канавці В.

Бойки, в свою чергу, завдають ударів по оброблюваної поверхні, в результаті на ній утворюється своєрідний мікрорельєф у вигляді сітки лунок. Під впливом куль 4 і відпрацьованого повітря бойки 6 отримують круговий

рух щодо осі інструмента, але зі значно меншою швидкістю, ніж призводять кулі.

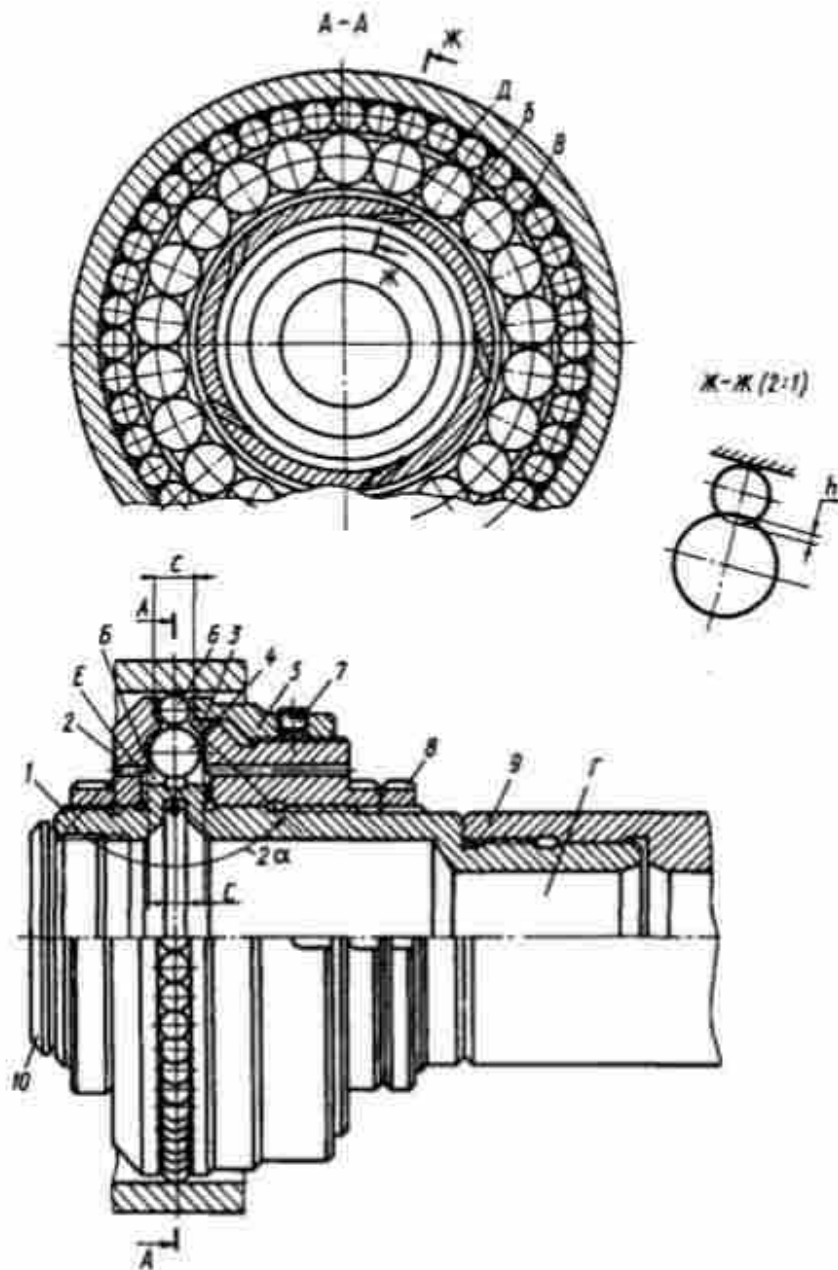


Рисунок 5.8 - Конструктивна схема кулькового накатника імпульсно-ударної дії

Завдяки круговому переміщенню бойків можлива обробка імпульсноударним інструментом не обертаючих деталей. При обробці

імпульсно-ударним інструментом стиснене повітря, поряд з функцією приводу куль, виконує функцію охолоджувальної середовища.

### 5.5 Спосіб отримання регульованого мікрорельєфу

Існують такі способи освіти на поверхнях пар тертя різних каналів і канавок, які сприяють, наприклад, в гільзах двигунів, усунення задирів, схоплювання і збільшення зносостійкості в 1,4 ... 1,7 рази.

За кордоном поширені хромовані по накатаній поверхні з утворенням лунок алюмінієві циліндри бензинових двигунів повітряного і водяного охолодження і дизелів з діаметром циліндрів до 125 мм. Причинами підвищення антифрикційних властивостей поверхні після накатки є лунки, заповнені мастильним матеріалом, що запобігають утворенню гарячих зон в окремих плямах контакту, що усувають можливість заїдання або роблять його локальним; поверхню тертя, що утримує значно більше мастильного матеріалу з більш рівномірним його розподілом по поверхні; поглиблення, які полегшують видалення продуктів зносу з поверхонь тертя. Відзначено, що властивості накатаній поверхні залежать від глибини і кроку накатки при заданій формі поглиблень.

Наприклад, для хромованою поверхні дзеркала циліндра авіаційного двигуна оптимальними вважають крок накатки 2 мм, розмір заглиблень в плані  $0,6 \times 0,6$  мм (поглиблення мають вигляд піраміди з кутом при вершині  $90^\circ$ ). Така накатка забезпечує мінімальний знос циліндра і поршневих кілець. Мастильного матеріалу витрачається не більше, ніж при ненакатаному циліндрі.

Слід зазначити, що технологія отримання заглиблень є досить трудомісткою.

Досконалішу технологію характерна для способу, сутність якого полягає в тому, що деформують кулі розміщують на оброблюваній поверхні із

заданими кроками в поздовжньому і поперечному напрямках, кулях більшого діаметра або ударникам повідомляють осьове переміщення щодо деформуючих з подачею  $S_{ш.уд} = 0,05 \dots 0,5$  м / хв при тиску стисненого повітря  $P$ , що підводиться до куль більшого діаметру,  $0,05 \dots 1$  МПа (рис. 5.9). Ударники в процесі обробки отримують обертальний з частотою  $n_{ш.уд}$  і коливальний з частотою  $n_{дв.х}$  руху.

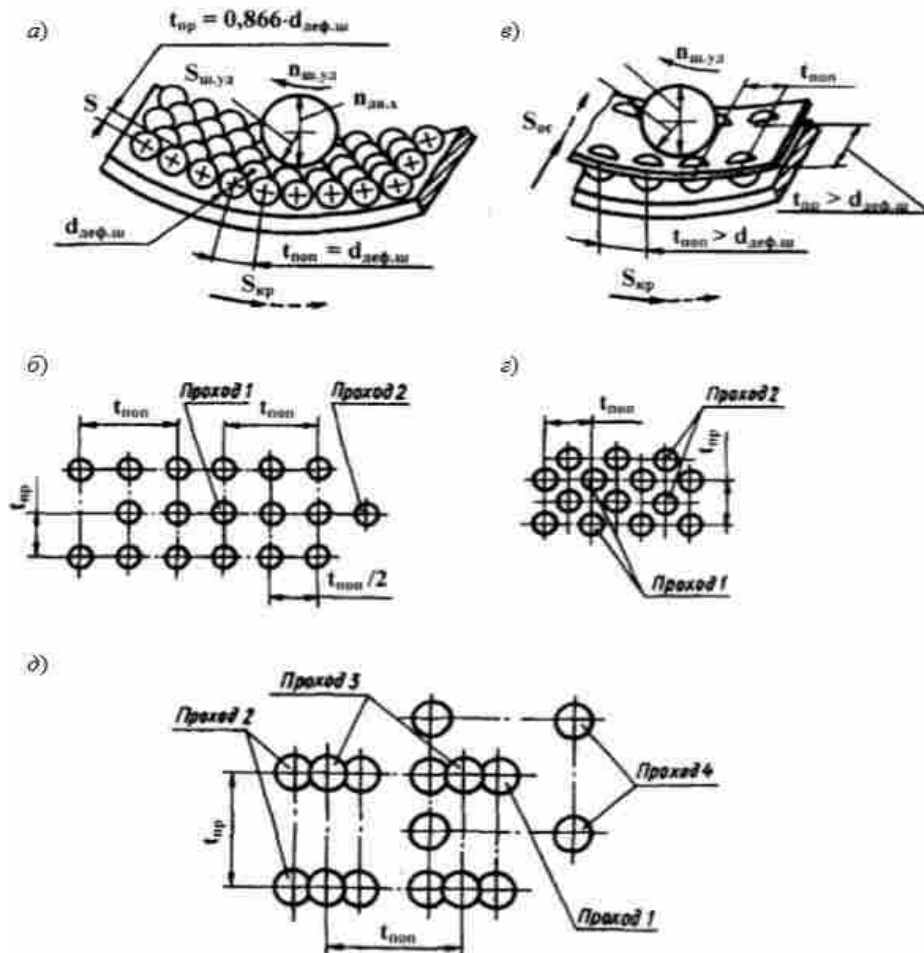


Рисунок 5.9 - Спосіб отримання регульованого мікрорельєфу

При однопрохідній обробці на робочій поверхні деталі утворюється поверхня з лунками - відбитками розташування деформуючих куль (рис. 5.9, б).

При кутовому дискретно переміщенні заготовки  $S_{кр}$  щодо деформуючих куль на величину  $t_{поп} / 2$  утворюються відбитки куль - лунки від другого проходу.

Для отримання регульованого рельєфу поверхні в поздовжньому і поперечному напрямках з різною або однаковою величиною кроку запропонована наступна схема обробки (рис. 5.9, в). Деформують кулі укладені в сепаратор, а кулі-ударники, як і в схемі на рис. 5.9, б, мають можливість кругового обертового з частотою  $n_{ш.уд}$  і коливального з частотою  $n_{дв.х}$  рухів. Крім того, заготівля або сепаратор з деформуючими кулями має можливість незалежного дискретного  $S_{кр}$  і  $S_{ос}$  переміщення при заданому, відповідно до схеми, розташування куль  $t_{поп}$  і  $t_{пр}$ . На рис. 5.9, г показана схема розташування лунок на оброблюваній поверхні, а на рис. 5.9, д - одна зі схем розташування лунок при багатопрхідної обробці, задана кресленням робочої поверхні деталі.

На рис. 5.10 представлені конструктивні схеми інструментів для обробки відповідно до описаних кінематичними схемами. Обробку здійснюють при осьовому переміщенні куль-ударників з оправкою щодо деформуючих куль. При цьому кулі-ударники обертаються під дією струменів стисненого повітря. Таким чином, є передумови для розвитку та інтенсифікації технологій машинобудівного виробництва нежорстких деталей на основі методів обробки з отриманням на робочих поверхнях як нерегулярних, так і регулярних мікрорельєфів, а також для створення високих експлуатаційних властивостей деталей.

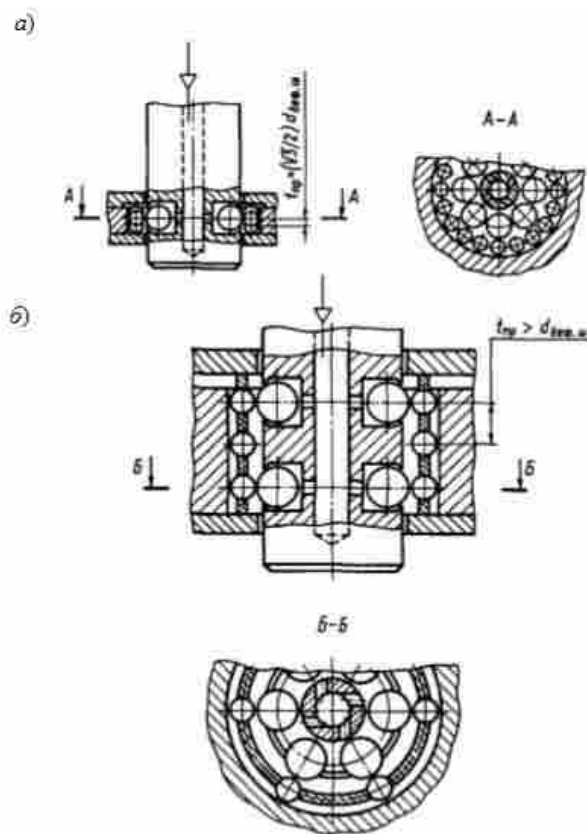


Рисунок 5.10 - Інструменти для отримання регульованого мікрорельєфу  
**6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ**

За заводською технологією нарізання зубів шестерні виконується на зубофрезерному верстаті 5К32А пропонується нарізку зубів виконувати на зубодовбальному верстаті LORENC необхідно визначити очікувану економічну ефективність.

Розраховуємо операцію нарізання зубів шестерні гідронасосу  $m=3, z=34$ , довжина зубів  $B=13$ мм, матеріал сталь 14ХГСН2МА-Ш, твердість HRA 65...71. Програма випуску  $\Pi=5000$ .

Зубофрезерування виконується на верстаті 5К32А черв'ячною фрезою  $m=3, D=112$  мм, число заходів  $K=1$ , матеріал – сталь Р6М5. Норма  $t_{шт.к.}=9,2$ хв.

Зубодовбання виконується на верстаті 5140 прямозубим долбяком  $m=3, D=120$  мм, матеріал – сталь Р6М5. Норма  $t_{шт.к.}=4,37$ хв.

Визначаємо такт випуску

$$\tau = \frac{F_d \times 60}{\Pi} \quad [6.1]$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд роботи обладнання  $F_d=4015$  год;  $\Pi$  – річна програма випуску  $\Pi=5000$ шт.

$$\tau = \frac{4015 \times 60}{5000} = 48,18 \text{ хв.}$$

Розрахуємо кількість верстатів для виконання операції

$$\eta_{\text{зубодовб}} = \frac{t_{\text{шт к}}}{\tau} = \frac{4,37}{48,18} = 0,09 \approx 1\%$$

$$\eta_{\text{зубофрез}} = \frac{t_{\text{шт к}}}{\tau} = \frac{9,2}{48,18} = 0,19 \approx 1\%$$

Розрахуємо норми витрат по статтях собівартості. Розрахуємо нарахування на заробітну плату.

$$Z_p = Z_T \times K_H \quad [6.2]$$

де  $Z_T$  – тарифна ставка за розрядом робочого, приймаємо розряд робочого – 4й,  $Z_T=10,48$ коп/хв [8, табл. 2.18];

$K_H$  – коефіцієнт виконання норм  $K=1,2$ , [8, табл. 2.18]

$$Z_p = 10,48 \times 1,2 = 12,6 \text{ грн/хв}$$

Розрахуємо нарахування на заробітну плату наладчика.

$$Z_{\text{наладч}} = 14,14 \times 1,2 = 16,97 \text{ грн/хв}$$

Витрати на електроенергію потужність верстату 5140  $N=2,9$  кВт, потужність верстату 5К32А  $N=5,5$  кВт.

$$E = \frac{\sum N \times K1 \times K2 \times C_E}{60} \quad [6.3]$$

де  $\sum N$  – сумарна потужність електродвигунів верстата;

$K1$  та  $K2$  – коефіцієнт потужності [8, табл. 2.19]  $K1=0,7$  та по часу роботи  $K2=0,7$ ;

$C_e$  – вартість 1 квт\*г електроенергії у діючих тарифах  $C_e=1,68$  грн

$$E_{\text{зубофрез}} = \frac{5,5 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,68}{60} = 0,08 \text{ грн}$$

$$E_{\text{зубдовб}} = \frac{2,9 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,68}{60} = 0,04 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання. Ціна верстату моделі 5140  $\text{Ц}=125000$  грн, цена верстату 5К32А  $\text{Ц}=150000$  грн.

$$A = \frac{A_r \times 100}{F_d \times 60} \quad [6.4]$$

$$A_r = \frac{\alpha_1 \times 1,15 \times \text{Ц}}{100} \quad [6.5]$$

де  $\alpha_1$  – відсотки відрахувань від вартості обладнання,  $\alpha_1=15$ ;

$$A_{r\text{зубдовб}} = \frac{15 \times 1,15 \times 125000}{100} = 21562,5 \text{ грн}$$

$$A_{\text{зубдовб}} = \frac{21562,5 \times 100}{4015 \times 60} = 8,95 \text{ грн}$$

$$A_{r\text{зубофрез}} = \frac{15 \times 1,15 \times 150000}{100} = 25875 \text{ грн}$$

$$A_{\text{зубофрез}} = \frac{25875 \times 100}{4015 \times 60} = 10,74 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування обладнання:



$$O_{об} = \frac{O_r \times 100}{F_d \times 60} \quad [6.6]$$

де  $O_r$  – нарахування на обслуговування обладнання:

$$O_r = \frac{\alpha_2 \times 1,15 \times Ц}{100} \quad [6.7]$$

де  $\alpha_2$  – відсотки відрахувань від вартості обладнання,  $\alpha_2=0,5$ ;

$$O_{зубодовб} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 125000}{100} = 718,75 \text{ грн}$$

$$O_{зубодовб} = \frac{718,75 \times 100}{4015 \times 60} = 0,29 \text{ грн}$$

$$O_{зубофрез} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 150000}{100} = 862,5 \text{ грн}$$

$$O_{зубофрез} = \frac{862,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,36 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання

$$P_{рем} = \frac{P_r \times 100}{F_d \times 60} \quad [6.8]$$

де  $O_r$  – нарахування на обслуговування обладнання:

$$P_r = \frac{\alpha_3 \times 1,15 \times Ц}{100} \quad [6.9]$$

де  $\alpha_3$  – відсотки відрахувань від вартості обладнання,  $\alpha_3=4,5$ ;

$$P_{зубодовб} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 125000}{100} = 6468,75 \text{ грн}$$

$$P_{\text{зубодовб}} = \frac{6468,75 \times 100}{4015 \times 60} = 2,68 \text{ грн}$$

$$P_{\text{зубофрез}} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 150000}{100} = 7762,5 \text{ грн}$$

$$P_{\text{зубофрез}} = \frac{7762,5 \times 100}{4015 \times 60} = 3,22 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент. Так як нарізування зубів виконується за один прохід то  $I_{\text{ф}}=17,6$  грн,  $I_{\text{д}}=29,3$  грн [8, табл. 2.20].

Витрати на спеціальне обладнання  $P_{\text{ф}}=5,29$  грн/хв та  $P_{\text{д}}=7,03$  грн/хв [8, табл. 2.21].

Розрахуємо технологічну собівартість для кожного варіанту.

Для зубодовбання

$$C_{\text{зубодовб}} = (12,6 + 16,97 + 0,04 + 8,95 + 0,29 + 2,68 + 29,3 + 7,03) \times 4,37 = 340,25 \text{ грн}$$

$$C_{\text{зубофрез}} = (12,6 + 16,97 + 0,08 + 10,74 + 0,36 + 3,22 + 17,6 + 5,29) \times 9,2 = 615,11 \text{ грн}$$

Розрахуємо економічний ефект від впровадження нової операції:

$$E = (C_1 \Pi + E_1 \text{Ц}_1 n_1) - (C_2 \Pi + E_2 \text{Ц}_2 n_2) \quad [6.10] \text{ де } C_1$$

та  $C_2$  – технологічна собівартість по першому та другому варіанту операції;

$\text{Ц}_1$  та  $\text{Ц}_2$  – ціна одного верстата по варіантах;

$E=0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності;  $\Pi$  – річна

програма виготовлення деталей;  $n_1$  та  $n_2$  – число одиниць

обладнання по кожному з варіантів;

$$E = (615,11 \times 5000 + 0,15 \times 150000 \times 1)$$

$$- (340,25 \times 5000 + 0,15 \times 125000 \times 1) = 1378050 \text{грн}$$

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 7.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час виконання робіт на свердлильному верстаті «Вебо» та «Комсомолец» можливо проявлення різних потенційних небезпек, які носять фізичний характер, а саме:

- механічні травми робітників можуть виникнути під час: а) неправильної експлуатації верстатів;

- б) погано закріпленої деталі (заготовки).

- ураження електричним струмом:

- а) під час перенавантаження мережі в процесі роботи на обробляючому центрі

- б) порушення правил експлуатації.

Небезпеки психофізіологічного характеру виникають через перенавантаження м'язів рук, шиї, спини та застій крові в області малого тазу через неправильне та довге сидіння. Через розумове та емоційне перенавантаження зростає нервозність та погіршується сон.

Небезпеки санітарно-гігієнічного характеру можуть бути наступними:

- запилення робочої зони ділянці цеха при відсутності ефективної вентиляції – може викликати легеневі захворювання;

- підвищений рівень шуму (більше 80 дБА) може призвести до погіршення слуху;

- погане освітлення робочої зони через неправильне планування розміщення ламп, відсутність вікон та використання старих моніторів – погіршення зору.

Зневага правилами пожежної безпеки може привезти до наступних потенційних небезпек: займання обладнання на робочому місці через несправність обладнання може привести до опіків на тілі робітників.

Несправність системи пожежної безпеки може привести до розповсюдженню пожежі та нанесення травм робітникам.

## 7.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

На АТ «МОТОР СІЧ» зобов'язані дотримуватися встановлених нормативно-правових актів з техніки безпеки України. Для уникнення травм під час роботи на дільниці передбачене дотримання положень нормативно-правового акта з охорони праці (НПАОП) 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань за питань охорони праці».

У стандарті ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» приводиться ряд правил при роботі з механічними верстатами та забезпечення захисту робітника від органів управління верстата захисним кожухом. У ДСТУ EN ISO14159-2018 «Безпечність машин. Гігієнічні вимоги до конструкції машин» та ДСТУ EN ISO 23125-2018 «Верстати. Безпечність. Верстати токарні» містять у собі перелік вимог техніки безпеки при роботі на металорізальних верстатах.

НПАОП 0.00-1.68-13 «Правила охорони труда при холодной обработке металлов» повинні дотримуватися робітниками при обробці на верстаті деталей різанням. На підприємстві відповідальний за охорону праці є керівник групи.

Вимоги щодо індивідуального захисту робітників приведені у ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація»

ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». Для уникнення травмування рук та пальців при переміщенні деталей необхідно використовувати спеціальні рукавиці. Для уникнення серйозних травм робітник повинен використовувати спеціалізований одяг та взуття. Респіратори, навушники та захисні окуляри використовуються під час роботи для захисту органів дихання, слуху та очей. Такі засоби захисту використовуються під час роботи на відкритих верстатах та при перевищенні допустимого рівня шуму.

Вимоги щодо правильного розміщення обладнання наведені у ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування».

Робоче місце робітника повинно бути чистим, без зайвих інструментів та приладів і не повинно бути перезавантажено. Проходи між обладнанням повинні бути досить великими, щоб проходячи, не зачіпати його і уникати нещасних випадків. Ці правила наведені у державному стандарті України (ДСТУ) 7950:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи.

Загальні ергономічні вимоги».

При користуванні електрообладнанням та електроустаткуванням потрібно керуватися такими стандартами: державні нормативно-правові акти про охорону НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ»), НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЕЕС») та НАПБ В.01.056-2013/111 «Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція». За цими актами перед початком робіт необхідно перевіряти правильне заземлення верстатів.

Норми будівництва промислових та службових приміщень та розміщення приладдя наведені у СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания».

### 7.3 Вплив електричного струму на людину та методи захисту.

Сучасна електрифікація всіх сфер людської діяльності ставить на перший план питання про захист персоналу, що обслуговує електроустаткування, а також інших осіб, які можуть підпадати під небезпеку ураження струмом.

Практика свідчить про те, що майже у всіх галузях, де використовується електричний струм, безперечно бувають випадки ураження людей. Ураження електричним струмом є найрозповсюдженішим небезпечним і несподіваним для потерпілого видом виробничого травматизму.

Організм людини не наділений здатністю виявляти наявність електричного струму. Дія електричного струму на організм людини супроводжується зовнішнім ураженням тканин та органів. Електротравма може виникнути навіть без контакту з провідниками (ураження через електричну дугу, крокову напругу тощо).

Проходячи через тіло людини, електричний струм діє не тільки в місцях контактів і на шляху проходження через організм, але й на центральну нервову систему, що спричиняє до ураження внутрішніх органів (серця, легенів тощо). Електричний струм, проходячи через організм людини, призводить до термічної, електролітичної та біологічної дій (електротравматизм).

Термічна дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, що стає причиною серйозних функціональних розладів.

Електролітична дія струму виявляється в розкладанні органічної речовини та крові, що призводить до істотних змін їх фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму виявляється у подразненні збудливих тканин організму, яке супроводжується мимовільним скороченням м'язів. Тривалість проходження струму через організм впливає на кінцевий результат ураження – чим довше проходить струм, тим більша можливість тяжкого і смертельного наслідку.

Електричні травми – це ураження тканин і органів внаслідок проходження струму чи впливу променів електродуги на людину. Електротравми умовно поділяють на місцеві та електричні удари.

Місцева електротравма – це локальне ушкодження цілісності тканин тіла, кісток під впливом електроструму, електродуги. Наслідком місцевих електротравм є: електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електроофтальмія, механічні пошкодження. Електричні опіки можуть бути поверхневими (ураження шкіри) та внутрішніми. Внутрішні опіки призводять до ураження внутрішніх органів і тканин тіла. Електричні опіки виникають внаслідок нагрівання тканин тіла людини струмом величиною більше 1 А.

Електричні знаки – це плями сірого або блідо-жовтого кольору у вигляді мозолей на поверхні шкіри в місці контакту із струмопровідними елементами. Електричні знаки безболісні і через деякий час зникають. Електрометалізація шкіри – це просочування поверхні шкіри частинками металу під час його випаровування чи розбризкування під впливом електричного струму. Уражена ділянка жорстка на дотик і має забарвлення, характерне для кольору металу, що потрапив до шкіри. Електрометалізація шкіри є безпечною (за винятком очей) і з часом зникає.

Електроофтальмія – це ураження при горінні електричної дуги зовнішніх оболонок очей потужним ультрафіолетовим випромінюванням, яке енергійно поглинається клітинами організму і викликає в них хімічні зміни.



Потерпілий відчуває різкий біль в очах, осліплення, світлобоязнь, слезотечу. Запобігання електрофтальмії при обслуговуванні електроустановок забезпечується шляхом використання захисних окулярів, які майже не пропускають ультрафіолетових променів і захищають очі від дії розплавленого металу при виникненні електричної дуги.

Механічне пошкодження виникає під час різкого мимовільного скорочення м'язів під впливом струму, що проходить через людину. Внаслідок цього порушується цілісність шкіри, кровоносних судин, нервової тканини, можливі вивихи суглобів і навіть переломи кісток.

Електроудари – це найнебезпечніший вид ураження організму електричним струмом, при якому порушується функціонування серцевої, дихальної і мозкової системи людини.

Залежно від наслідків ураження електричні удари умовно можуть бути поділені на 4 ступеня: 1) судомні скорочення м'язів без втрати свідомості; 2) судомні скорочення м'язів втратою свідомості, але із збереженим ритмом серцево-судинної системи та диханням; 3) втрата свідомості і порушення дихання, або роботи серцево-судинної системи; 4) клінічна смерть.

Небезпека ураження електричним струмом може бути пов'язана з чинниками електричного характеру (напруга, величина струму, вид і частота струму, опір електричного кола, заземлення, занулення) і неелектричного характеру – індивідуальні особливості людини, її увага, шлях проходження струму через тіло людини, тривалість дії струму. Окрім того важливе значення мають індивідуальні особливості організму людини, стан приміщення, в якому експлуатується електроустановка та площа контакту людини із струмоведучими частинами.

Опір тіла людини не постійний, він залежить від багатьох причин і коливається в дуже широких межах. Так, опір сухої шкіри коливається від 3000 до 100000 Ом, а вологої – знижується до 1000 Ом і менше. Підвищення напруги, прикладеної до тіла людини, в багато разів зменшує опір шкіри.

Отже, чим вища прикладена напруга, тим більша небезпека ураження. Але саме по собі значення напруги не може служити критерієм небезпеки ураження.

Величина струму по-різному впливає на організм людини. Виділяють такі порогові значення струму:

- порогово відчутний струм; -
- порогово невідпускаючий струм;
- порогово фібриляційний струм.

Порогово відчутний струм – найменше значення того струму, який під час проходження через організм людини викликає відчуття подразнення (0,61,3 мА при змінному струмі частотою 50 Гц та 5-7 мА -при постійному струмі).

При струмі до 10 мА і частоті 50 Гц відчувається неприємна подразлива дія струму, яка супроводжується судорожними скороченнями м'язів.

Порогово невідпускаючий струм – найменша величина електричного струму, при проходженні через організм людини яка викликає судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснений провідник (10-18 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і 50-80 мА – при постійному струмі). При струмі 25- 50 мА утруднюється дихання, при струмі більше 50 мА і до 100 мА порушується робота серця з одночасним паралічем дихання. Струм в 100 мА при 50 Гц і вище вважають смертельним для людини.

Порогово фібриляційний струм – найменше значення електричного струму, проходження якого через організм людини спричиняє фібриляцію серця (100 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і 300 мА – при постійному струмі).

Різні тканини людини по-різному проводять струм. Найбільший електричний опір має шкіра людини і, особливо, верхня ороговіла її частина, в якій немає кровоносних судин. На результат ураження тіла (травми) виявляє

вплив як сила, так і шлях струму через тіло людини. Велика небезпека виникає тоді, коли струм проходить через найбільш життєвоважливі органи: серце, головний мозок, легені.

Результат ураження електрострумом в значній мірі залежить від індивідуальних (психологічних і фізичних) особливостей людини (маси тіла, її фізичного розвитку, віку, самопочуття).

Тривалість проходження струму через організм впливає на результат ураження: чим триваліша дія струму, тим більша ймовірність тяжкого і смертельного результату. Настання фібриляції і зупинка серця відбуваються при тривалості дії струму більше 0,8 с або при збіганні часу проходження струму з фазою кардіологічного циклу.

Небезпека ураження від змінного струму досягає максимуму при частотах 50-200 Гц. Струм від 200 000 Гц і вище безпечний. Постійний струм у 46 раз безпечніший змінного з частотою 50 Гц.

Постійний струм, у порівнянні зі змінним того ж значення, коли проходить через тіло людини, викликає слабкіші скорочення м'язів і менш несприятливі відчуття. Але це справедливо тільки щодо напруги до 600 В. При більш високій нарузі постійний струм стає небезпечнішим від змінного з частотою 50 Гц. Умовно безпечною є напруга 12 В. Але залежно від сили струму, опору організму людини, її віку, статі та інших індивідуальних особливостей, терміну дії, умов виробництва та стану навколишнього середовища (температура, вологість повітря) напруга у 12 В може стати небезпечною.

У випадку замикання фази на землю на поверхні землі з'являється електричний потенціал. У зоні розтікання струму людина може опинитися під різницею потенціалів, наприклад, на відстані кроку. Напруга кроку – це різниця потенціалів між двома точками, в зоні розтікання струму на відстані кроку, на яких одночасно стоїть людина.

Для захисту від ураження електричним струмом при прямому дотику до струмоведучих частин в нормальному режимі повинні бути застосовані

окремо або в поєднанні такі заходи захисту: 1) основна ізоляція струмоведучих частин; 2) огороження і оболонки електроустановок (в житлових, громадських та інших приміщеннях пристрої для огорожі і закриття струмоведучих частин повинні бути суцільні; в приміщеннях, доступних тільки для кваліфікованого персоналу, вони можуть бути суцільними, сітчастими або дірчастими. Але всі вони повинні бути виконані так, щоб знімати або відкривати їх можна було тільки за допомогою ключів або інструментів);

- установка бар'єрів;
- застосування малої напруги;
- блокувальні пристрої, автоматично відключають напругу в електроустановках при знятті з них захисних кожухів, оболонок, огорож.

Для додаткового захисту від прямого дотику в електроустановках напругою до 1 кВ (при наявності вимог ПУЕ) застосовують пристрої захисного відключення (УЗО) з номінальним відключає диференціальним струмом не більше 30 мА.

Для захисту від ураження електричним струмом у разі непрямого дотику повинні бути застосовані такі заходи захисту:

- захисне заземлення та занулення;
- автоматичне відключення живлення;
- вирівнювання потенціалів;
- вирівнювання потенціалів;
- подвійна або посилена ізоляція;
- наднизьким споживанням напруги; - захисне електричне розділення кіл;
- ізолюючі (непровідні) приміщення, зони, площадки.

Безпека обслуговуючого персоналу і сторонніх осіб також забезпечують виконанням наступних заходів: 1) дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин або шляхом закриття/огородження струмоведучих частин; 2) застосування блокування апаратів і захисних пристроїв для запобігання помилкових операцій і доступу до струмоведучих частин; 3) застосування пристроїв для зниження напруженості електричних і магнітних полів до допустимих значень; 4) використання засобів захисту і пристосувань, в тому числі для захисту від впливу електричного і магнітного полів в електроустановках, в яких їх напруженість перевищує допустимі норми.

#### 7.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Відповідно до ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються:

- температурою повітря;
- відносною вологістю повітря;
- швидкістю руху повітря;
- інтенсивністю теплового випромінювання.

Метрологічні умови в приміщенні цеху у холодну пору року повинні становити:

- температура повітря – 19 °С - 21 °С
- відносна вологість – 40 % - 60% - швидкість повітря – 0,2.

У теплий період:

- температура повітря – 21°C - 23 °C
- відносна вологість – 40 % - 60% - швидкість повітря – 0,2.

Коливання температури повітря в робочій зоні, а також протягом зміни допускається до 5 °C, при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не повинні виходити за межі допустимих величин.

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» виконуються такі стандарти:

- робочі місця мають освітлюватися в такій мірі, щоб робітник мав можливість добре бачити процес роботи, не напружуючи зору; освітлення робочих місць не повинно створювати різких тіней або відблисків, що надають сліпучу дію;
- недостатнє або неправильне освітлення робочого місця викликає перевтому зору, знижує працездатність і може стати причиною нещасного випадку;
- проходи і проїзди освітлюють так, щоб забезпечувалася хороша видимість елементів будівлі і обладнання, складених на підлозі заготовок і деталей, рухомого внутрізаводського транспорту.

На ділянці цеху передбачено природне і штучне освітлення. Загальне нормоване освітлення становить 200лк. Для забезпечення освітлення застосовують лампи типу ДРЛ або ДРІ. Газорозрядні лампи використовують при виконанні точних робіт; для створення особливо прийнятних умов для зорових робіт; при роботах з підвищеними вимогами до розрізнення кольору поверхонь; в приміщеннях, де постійно перебувають люди, та недостатнім природним освітленням.

Лампи ДРЛ мають наступні переваги: висока світловіддача (до 100лмВт); висока стабільність світлового потоку; термін експлуатації до 10000 годин; високий індекс кольору передачі.

Природне освітлення використовується в денний час доби: воно забезпечує хорошу освітленість, сприятливо діє на зір і володіє високою економічністю. На вікнах з сонячного боку встановлені захисні пристрої від попадання прямих сонячних променів, стекла очищаються від пилу і грязі не рідше двох разів на рік. Кріплення скла у вікнах зроблене способом, виключає можливість випадання їх з рам.

Штучне освітлення використовується в темний час доби. Джерелом штучного світла є електрика, що використовується в лампах розжарювання або в люмінесцентних лампах.

Норми вібрації встановлені згідно ДСТУ EN 14253-2018 «Вібрація механічна, вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова». Рівень вібрації не перевищує значення 25 кГц (ССБТ і ДСН 3.3.6.039-99 "Державні норми виробничої загальної і локальної вібрації"), для цього на кожному робочому місці передбачені спеціальні прокладення під ніжки.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 методів віброзахисту за організаційними ознаками діляться на колективні і індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

- зменшення вібрації в джерелах її виникнення – усі деталі верстатів і агрегатів, що рухаються, ретельно урівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;
- зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;
- організаційно-технічні – планово-запобіжний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;

- гігієнічні і лікувально-профілактичні.

До засобів індивідуального віброзахисту відносяться рукавиці, і спеціальне взуття – ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

На спроектованій ділянці і в цеху не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, випромінюючі рентгенівські, іонізуючі і інші небезпечні випромінювання відповідно до норм НРБУ- 97 "Норми радіаційної безпеки України".

## 7.5 Заходи з пожежної безпеки

Згідно з вимогами розділу II Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 р. № 1417 (далі — Правила пожежної безпеки), діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств та об'єктів.

На кожному об'єкті відповідним документом (наказом, інструкцією тощо) має бути встановлено протипожежний режим, який включає:

- порядок утримання шляхів евакуації;
- визначення спеціальних місць для куріння;
- порядок застосування відкритого вогню;
- порядок використання побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;



- місця для зберігання і допустиму кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, що можуть одночасно перебувати у приміщеннях і на території;

- порядок прибирання горючого пилу й відходів, зберігання промасленого спецодягу та ганчір'я, очищення елементів вентиляційних систем від горючих відкладень;

- порядок відключення від мережі електроживлення обладнання та вентиляційних систем у разі пожежі;

- порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;

- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму, з призначенням відповідальних за їх проведення;

- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних засобів протипожежного захисту;

- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та огледів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;

- порядок збирання членів пожежно-рятувального підрозділу добровільної пожежної охорони та посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку, у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні й святкові дні;

- порядок дій у разі виникнення пожежі: порядок і способи оповіщення людей, виклику пожежно-рятувальних підрозділів, зупинки технологічного устаткування, вимкнення ліфтів, підйомників, вентиляційних установок, електроспоживачів, застосування засобів пожежогасіння; послідовність евакуації людей та матеріальних цінностей з урахуванням дотримання техніки безпеки.

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі на дільниці:

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

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

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

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» в електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- всі іскристі частини обладнання поміщені у пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана прихованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

Проходи, призначені для евакуації, мають меншу довжину і мінімальну кількість поворотів. Відповідно до «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» до первинних засобів пожежогасіння відноситься:

- вогнегасники,
- пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящик з піском, совкові лопати, внутрішні пожежні крани) - пожежний інструмент (гачки, ломи, сокири).

## 7.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

### 7.6.1 Оцінка стійкості системи управління промислового об'єкта.

Кожний об'єкт в залежності від особливостей його виробництва і інших характеристик має свою специфіку. Але об'єкти мають багато спільного: виробничий процес здійснюється, як правило, в середині споруд і будівель, самі споруди в більшості випадків виконані з уніфікованих елементів, територія об'єкту насичена інженерними, комунальними і енергетичними лініями. Все це дає підставу вважати, що для всіх виробничих об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні фактори, які впливають на підготовку об'єкта до роботи в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. До цих факторів належать:

- район розміщення об'єкту;
- внутрішнє планування і забудова території об'єкту;
- системи енергопостачання;
- технологічний процес;
- виробничий зв'язок об'єкту;
- системи управління;
- підготовленість об'єкту до відбудови виробництва і інше.

Район розміщення об'єкту вивчається за картою (планами). Проводиться аналіз топографічного розміщення об'єкту: характер забудови території, яка оточує об'єкти (структура, густота, тип забудови); наявність на цій території підприємств, які можуть бути джерелами виникнення вторинних факторів ураження (гідровузли, об'єкти хімічної промисловості і ін.), природні умови навколишньої місцевості (лісові масиви – джерела можливих пожеж, рельєф місцевості); наявність шляхів і ін. Наприклад, для підприємств, розміщених по берегах рік, нижче від греблі, необхідно враховувати

можливість затоплення, встановити максимальні рівні затоплення і час припливу хвилі прориву.

Встановлюються основні особливості їх конструкції, вказуються технічні дані, необхідні для розрахунків дії ударної хвилі, світлового випромінювання і можливих вторинних факторів ураження. А власне: конструкція, поверхня, довжина і висота, вид каркасу, стінне заповнення, світлові отвори, покрівля, перекриття; оцінюється вогнестійкість споруди. Вказується кількість працівників і службовців, які одночасно перебувають в будівлі (найбільша працююча зміна), наявність вбудованих і близько розміщених сховищ.

При оцінці внутрішнього планування території об'єкту визначається вплив густоти і типу забудови, можливість виникнення і розповсюдження пожежі, створення завалів входів у сховища і проходів між спорудами. Особлива увага звертається на ділянки, де можуть виникнути вторинні фактори ураження. На території об'єкту такими джерелами є: ємності з легкозаймистими рідинами і сильнодіючими отруйними речовинами; склади вибухонебезпечних речовин і вибухонебезпечні технологічні установки, технологічні комунікації, руйнування яких може викликати пожежу, вибухи і загазованість ділянки, склади легкозаймистих матеріалів, холодильні установки, які використовують аміак та інші.

Вивчення технологічного процесу проводиться з розрахунком специфіки виробництва і змін у виробничому процесі в надзвичайних ситуаціях (можлива зміна технології, часткова зупинка виробництва, переключення на виробництво нової продукції).

Досліджується спроможність існуючого процесу виробництва в стислі строки перейти на технологічний процес для випуску нової продукції. Даються характеристики верстатного і технологічного обладнання. Визначається унікальне і особливо важливе обладнання. Оцінюється

насиченість виробництва апаратурою автоматичного управління і контрольно-вимірювальними приладами.

Досліджується можливість автономної роботи окремих верстатів, ділянок технологічного процесу (верстатних груп, конвеєрів) і цехів об'єкту. Це дозволить надалі обґрунтовано визначити необхідні запаси деталей, вузлів і обладнання, а в ряді випадків передбачити необхідність ЗМІНИ в технологічному процесі в напрямку його спрощення чи підвищення надійності найбільш вразливих ділянок.

На підприємствах, зв'язаних із застосуванням значної кількості сильнодіючих отруйних і горючих речовин, встановлюється їх кількість, оцінюються токсичні властивості, вибухо- і пожежонебезпечність, надійність і безпечність їх зберігання. Визначається необхідний мінімум запасів цих речовин, які можуть перебувати на території об'єкту, і місце зберігання решти в заміській зоні.

При аналізі технологічного процесу детально вивчаються можливості безаварійної зупинки виробництва.

Особливу увагу приділяють дослідженню систем енергопостачання.

Визначається залежність роботи об'єкту від зовнішніх джерел енергопостачання, характеризуються внутрішні джерела; підраховується необхідний мінімум електроенергії, газу, ВОДИ, пари, стиснутого повітря і інших видів енергопостачання в надзвичайних ситуаціях. Досліджуються енергетична мережа і комунікації: наземні, підземні, проведені по естакадах, траншеях, по фунті, по стінах споруд. Вивчається забезпеченість об'єкту автоматичними пристроями, які дозволяють при необхідності зробити дистанційне, відключення окремих ділянок або всієї системи даного виду енергопостачання.

При розгляді системи водопостачання звертається увага на захист споруд і водозбірників на підземних джерелах води від радіоактивного, хімічного і біологічного зараження. Визначається надійність функціонування

системи пожежогасіння, можливість переключення систем водопостачання з дотриманням санітарних правил.

Особлива увага приділяється вивченню систем газопостачання, оскільки газ з джерела енергії може перетворитись у дуже агресивний вторинний фактор ураження. Перевіряється можливість автоматичного відключення подачі газу на об'єкт, в окремих цехах і на ділянках виробництва, дотримання всіх вимог інструкції по зберіганню і трансформуванню газу. Жорсткі вимоги висуваються до надійності і безпеки функціонування систем і джерел постачання сильнодіючими отруйними речовинами, киснем, вибухонебезпечними і горючими речовинами.

Дослідження системи управління об'єктів проводиться на основі вивчення стану пунктів управління і вузлів зв'язку, надійності системи управління виробництвом, надійності зв'язку з позаміською зоною, розстановки сил, забезпечення керівництва виробничою діяльністю об'єкту в усіх підрозділах підприємства. Визначаються також джерела поповнення робочої сили, аналізуються можливості взаємозаміни керівного складу об'єкту. Особлива увага приділяється вивченню системи оповіщення.

При аналізі системи матеріально-технічного постачання дається коротка характеристика цієї системи в нормальних умовах і можливих змін в зв'язку з переходом на випуск нової продукції, встановлюється залежність виробництва від постачальників, виявляються найбільш важливі поставки сировини, деталей і комплектуючих виробів, без яких виробництво не може продовжуватись. Оцінюються наявні і плановані запаси (кількість, номенклатура) і можливі строки продовження роботи без постачання, доцільно досліджувати можливі заходи поповнення запасів до норми, надійність їх зберігання і доставки.

Розглядаються питання реалізації готової продукції, а також її зберігання.

Підготовка об'єкту до відбудови виробництва визначається на основі вивчення характеру виробництва, складності його устаткування, підготовленості персоналу до відбудовних робіт, запасів матеріалів, деталей

та устаткування. Необхідно вивчити також можливості будівельних і ремонтних підрозділів підприємства, а також можливості обслуговуючих об'єкт будівельних і монтажних організацій. Слід розглянути виробничу, будівельно-монтажну і проектну документацію для проведення відбудовних робіт і визначити умови її зберігання.

Безпосередньо відбудова виробництва при ураженні об'єкту не входить в завдання цивільної оборони. Разом з тим готовність об'єкту поновити випуск продукції є важливим показником тривалості його роботи, що обумовлює необхідність завчасної підготовки.

## ВИСНОВОК

Згідно із завданням на дипломний проект були проведені заходи з удосконалення процесів обробки нежорстких деталей. Детально розроблений технологічний процес виготовлення маточини. Вибраний метод здобуття заготовки, призначені припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені по рекомендаціях нормативних документів авіаційної промисловості. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій.

У конструкторській частині запропоновано робоче пристосування, яке скоротило парк пристосувань і витрати на його установку.

У частині по охороні праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях виконаний аналіз небезпек на ділянці механічної обробки з точки зору безпеки проведення робіт, запропоновані засоби по забезпеченню безпеки, приведена характеристика виробництва по мірі пожежної безпеки, розроблені заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Спецзавдання виконане на тему: застосування технологічних методів для підвищення точності обробки нежорстких деталей.

Складений альбом технологічної документації на виготовлення деталі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Богуслаєв В.О., Ципак В. І., Яценко В. К. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003 р. – 336 с.

2 Жолобов А. А. Технология автоматизированного производства. Учебник для ВУЗов. Мн.: Дизайн ПРО, 2000. - 624 с.

3 Дмитриев В.А. / Проектирование заготовок в машиностроении: учеб. пособ. / В.А. Дмитриев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 174 с.

4 Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування / В. Д. Хорошков, О. В. Олексєєнко, Д. В. Павленко – Запоріжжя: ЗНТУ, 1999. – 78с.

5 П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К.: Высшая школа, 1991. – 247с.

6 Основы технологии машиностроения. Учебник для вузов. Под ред. В. С. Корсакова. Изд. 3-е, доп. и перераб. М.: Машиностроение, 1977. - 416 с. 389

7 Ковшов А.Н. Технология машиностроения Учебник. 2-е изд. испр. - Спб.: Издательство "Лань", 2008. - 320 с.: ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). с. 34

8 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, 1986. 656 с.,



9 Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2. Техническое нормирование станочных работ. Под ред. Е.И. Стружестраха – М.:

МАШГИЗ, 1961 – 892 с.

10 Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологии машиностроения» (раздел – проектирование технологических процессов), для студентов направления 6.050502. Специальности «Металлорежущие станки и системы» всех форм обучения / Сост.: А.В.Алексеевко. – Запорожье: ЗНТУ, 2011. – 86с.

11 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металл: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. - М.: Машиностроение, 1990. - 400с.

12 Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1983 – 256 с.

13 Серебrenицкий П.П. Обработка деталей механическими щетками / П.П. Серебrenицкий. – Ленинград: Лениздат, 1967. – 152с.

14 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. :

МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z047214>.

(Державні санітарні норми та правила)

15 Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

16 ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

17 ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).