

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
 на дипломний проект (роботу)

Оптимізація рішень в розмірі при обробці тонкостінних деталей
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент (ка) Годушов В.Ю.

Спеціальність 131 Бригадна механіка; 131-1 технологія машинобудування
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 9 аркушів А1 (з них з'являється та є планом 6) та планом А3;

Кількість сторінок пояснювальної записки 122 креслення 3

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень в роботі

розглянути методи оптимізації рішень в розмірі при обробці тонкостінних деталей, сформулювати технологічний процес виготовлення деталі "Кільце лобрикетне перемі", сформулювати роботу та контрольне устаткування, перефразувати заходи щодо безпеки роботи персоналу

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню виготовлення

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

робота виконана на високому науково-технічному рівні з використанням сучасних методів і програм, створення для розробки технологічних процесів

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) суттєвих зрушень не має

д) позитивні особливості тема роботи є актуальною, оскільки

привнесла нові методи оптимізації рішень в обробці. Вирішення цієї задачі дозволяє знизити собівартість обробки деталі та покращити її якість.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

виконана у відповідності до СТП, ДСТУ, ГОСТ та ЄСТД

е) відгук про проект (роботу) загалом виконаний на високому науково-технічному рівні

ж) інші зауваження 1) бібліографічні посилання в розділі 5 наведені не за порядком. Спочатку зустрічаються посилання [227, дати [25], дати [19] і т.д.
2) В ПЗ використовуються нестандартні маркери списків "o", "a".
За СТД 15-92 функціональні підрозділи "-" "a" та "1".

з) оцінка проекту (роботи) в цілому робота виконана на високому рівні і заслуговує на оцінку "відмінно".

Рецензію склав д-р.карт.МБ НУ "Запорізька політехніка" Логанів В.О.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

« 5 » листопада 20 19 р.

[11:42:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200041 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:43:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:44:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200017 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:44:41] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:44:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:45:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:49:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200049 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

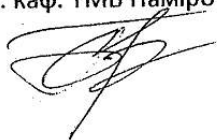
[11:49:27] Тип проверки: *Стандартная*

[11:49:27] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 27%)**

[11:49:27] **Уникальность текста 88%[®] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Хаджолова В.Ю., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

03.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий «магістрський»

(ступінь вищої освіти)

на тему Оптимізація режимів різання при
обробці токоостінних деталей.

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-18м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

Хадимов В.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кожлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Логанов В.А.

(прізвище та ініціали)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Техн. част.	Козлова О. Б. к.т.н. доцент		
конст. част.	Козлова О. Б. к.т.н. доцент		
Автоматизація	Козлова О. Б. к.т.н. доцент		
Спец. завдан.	Козлова О. Б. к.т.н. доцент		
Розр на міцн.	Козлова О. Б. к.т.н. доцент		
Н. констр.	Степанов Р.М.		
Охорона праці	Шмирко В.І. к.т.н. доцент		

7. Дата видачі завдання « 23 » 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частинка	08.10.2019	
2.	Конструкторська частинка	20.10.2019	
3.	Автоматизація	05.11.2019	
4.	Розрахунок деталі на міцність	19.11.2019	
5.	Спец. завдання	25.11.2019	
6.	Оцінка оцінюв. економ. ефектів. розробка	29.11.2019	
7.	Охорона праці	01.12.2019	

Студент(ка)

(підпис)

Харченко В.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: с123 рис.,42,табл.8, 2 додатки, 30 джерел.

Об'єкт дослідження – «Кільце лабіринтне переднє».

Мета роботи – Оптимізація режимів різання при обробці тонкостінних деталей.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі «Кільце лабіринтне переднє», обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, виконані економічні розрахунки параметрів верстатного обладнання, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕСКІЗ, РОЗМІР,
ПРИПУСК, ОПЕРАЦІЯ, ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
НОРМУВАННЯ, РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА,
ПРИСТОСУВАННЯ

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень

ВСТУП

1 Технологічна частина	9
1.1 Опис Конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування маршруту обробки поверхонь	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	26
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	27
1.6 Розрахунок режимів різання	33
1.7 Технологічне нормування операцій	47
1.8 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	55
1.8.1 Розробка токарної операції	56
1.8.2 розробка свердлильної операції	58
1.8.3 Розробка фрезерної операції	59
2 Конструкторська частина	62
2.1 Проектування робочого пристосування	62
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	62
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення	62
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	64
2.2 Проектування контрольного пристосування	69
2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування	69
2.2.2 Вибір засобу вимірювання	70
2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань	73
3 Автоматизація.....	76
3.1 Методи та засоби контролю	76
3.2 Датчики для здійснення контролю.....	77
3.3 Пристосування для контролю тонкостінності	79
4 Розрахунок деталі на міцність	82
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	82
5 Спеціальне завдання	87

5.1 Загальні положення терміна «тонкостінна деталь».....	87
5.2 Особливості обробки тонкостінної деталі.....	89
5.3 Методи визначення умов механічної обробки тонкостінних деталей ..	93
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	95
7 Охорона праці.....	101
7.1 Аналіз потенційних небезпек	101
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки	103
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	106
7.4 Заходи з пожежної безпеки	109
7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	110
Висновок	
Перелік посилань	
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ТП	– технологічний процес;
ГКМ	– горизонтально-кувальна машина;
КГШП	– кривошипний гарячештаповочний прес;
МОП	– маршрут обробки поверхонь;
РАМОП	– розрахунково-аналітичний метод обробки поверхонь;
ЗОР	– змащувально-охолоджуюча рідина;
ЧПК	– числове-програмне керування;
РЧ	– реле часу;
ЕОМ	– електронно-обчислювана машина;
ТД	– тонкостінна деталь;
УЗКС	– ультразвукова коливальна станція;
ППР	– планово-попереджувальний ремонт.

ВСТУП

Найважливішою галуззю важкої індустрії є машинобудування. Темпи розвитку і технологічний рівень промисловості, сільського господарства залежить від того, якою мірою задовольняються їх потреби в машинах і наскільки вони досконалі.

Технологія машинобудування - наука про способи виготовлення деталей машин, а також складання їх у вузли і готові машини. Предметом вивчення в технології машинобудування є виготовлення виробів заданої якості з встановленою програмою випуску кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальної собівартості та високої продуктивності праці.

Сукупність всіх дій людей і знарядь виробництва, пов'язані з переробкою сировини і напівфабрикатів в заготовки, готові деталі, складальні одиниці та готові вироби на даному підприємстві, називається виробничим процесом. Головною складовою виробничого процесу є технологічний процес, який представляє з себе процес обробки заготовки на верстатах з метою перетворення її в готову деталь.

Розроблені технологічні процеси оформляються у вигляді технологічної документації, до складу якої входять: маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів, карта контролю, специфікація технологічних документів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

В даній роботі представлена деталь «Кільце лабіринтне переднє» (рис. 1.1).

Деталь входить до складу авіаційний двоконтурний турбореактивний двигун АІ 25, який був розроблений в 1966 році на Запорізькому машинобудівному конструкторському бюро «Прогрес». Запущений в серійне виробництво на запорізькому підприємстві «Мотор Січ» в 1967 році.



Рисунок 1.1 – Деталь «Кільце лабіринтне переднє»

Деталь «Кільце лабіринтне переднє» виготовляється із сталі ХН73МБТЮ-ВД (ЭИ698-ВД) по [2, с. 117]. Основні її характеристики визначені в табл. 1.1

Таблиця 1.1 - Основні характеристики сплаву

Характеристика	Значення характеристики
Клас сталі	Сталь конструкційна легована
Термообробка	Гартування 880°C, мастило, відпуск 540°C, вода
Температура кування °С	Початок 1100, кінець 990. Діаметри до 50 мм охолоджуються на повітрі, 51-100 мм - в ящиках

Продовження табл. 1.1

Твердість матеріалу	НВ $10^{-1} = 293-341$ МПа
Зварюваність матеріалу	Обмежено зварювана
Оброблюваність різанням	Горячекатаний стан при НВ 294-341 та $\sigma_b=710$ МПа, $K_{v\text{ тв. спл}}=0,85$ и $K_{v\text{ б.ст}}=0,75$
Флокеночутливість	Чутлива
Здатність до відпускної крихкості	Здатна

Жароміцний сплав ХН73МБТЮ–ВД (ЭИ698-ВД) застосовується для виготовлення деталей авіаційної техніки (лопаток газових турбін, термооброблених і обточених штамповок дисків, дефлекторів, лабіринтів і шкарпеток) з робочою температурою до $+750$ °С, кріпильних та інших деталей, що працюють при температурі до 750-800 °С.

Хімічний склад матеріалу сталь ХН73МБТЮ–ВД (ЭИ698-ВД) представлений в табл. 1.2

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу сталь ХН73МБТЮ–ВД (ЭИ698-ВД)

Al	C	Cr	Fe	Mn	Mo	Nb	Ni	P	S	Si	Ti
1,3- 1,7	$\leq 0,08$	13,0- 16,0	$\leq 2,0$	$\leq 0,40$	2,8- 3,2	1,8- 2,2	Основа	$\leq 0,015$	$\leq 0,007$	$\leq 0,60$	2,35- 2,75

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

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

На цьому етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва, встановлюється по річній програмі випуску деталі та її масі вибираючи по табл. 1.3, знаючи масу деталі і річну програму випуску.

Таблиця 1.3 - Вибір типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблювальних деталей на рік		
	Важкі, $m > 100$ кг	Середні, $m = 10..100$ кг	Легкі, $m < 10$ кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
Серійне	100...300	200...500	500...5000
Великосерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
Масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

Враховуючи масу деталі $m = 0,85$ кг і річну програму випуску $N = 5000$ шт, тип виробництва можна вважати серійним, його характеристики:

- продукція випускається - партіями або серіями;
- устаткування - в основному верстати з ЧПК, також можливе використання універсальних і спеціальних верстатів;
- кваліфікація робітника - середня, а налагоджувальника – висока;
- різальний інструмент - універсальний, спеціальний;
- вимірювальний інструмент - універсальний, спеціальний: скоби, пробки;
- устаткування розташоване по ходу технологічного процесу.

Об'єм партії заготовок визначається по формулі:

$$n = \frac{a \cdot N}{253}, \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску;

a – періодичність запуску деталей у виробництво, або число днів, на які необхідно забезпечити роботу ($a = 3$ днів);

253 – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} = 99 \text{ шт.}$$

Форми організації технологічних процесів згідно з ГОСТ 14312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного устаткування, кількості виробів, вибираємо змінно потокову форму організації ТП.

1.3 Вибір виду і методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

У сучасному виробництві одним з основних напрямів розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найбільш оптимальних способів їх обробки. Цей напрям вимагає безперервного підвищення точності заготовки і наближення її конструктивних форм і розмірів до чистової деталі, що дозволяє скоротити об'єм обробки, обмежуючи її напівчистовими і чистовими операціями.

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

Матеріал заготовки сталь ХН73МБТЮ-ВД (ЭИ698-ВД), маса деталі $m = 0,85$ кг, програма випуску $N = 5000$ шт.

Враховуючи конструкційні розміри деталі, її матеріал і об'єм виробничої партії, порівняємо два методи отримання заготовки:

1. Штамповка на ГКМ (рис. 1.2, 1.3)
2. Штамповка на КГШП (рис. 1.4, 1.5)

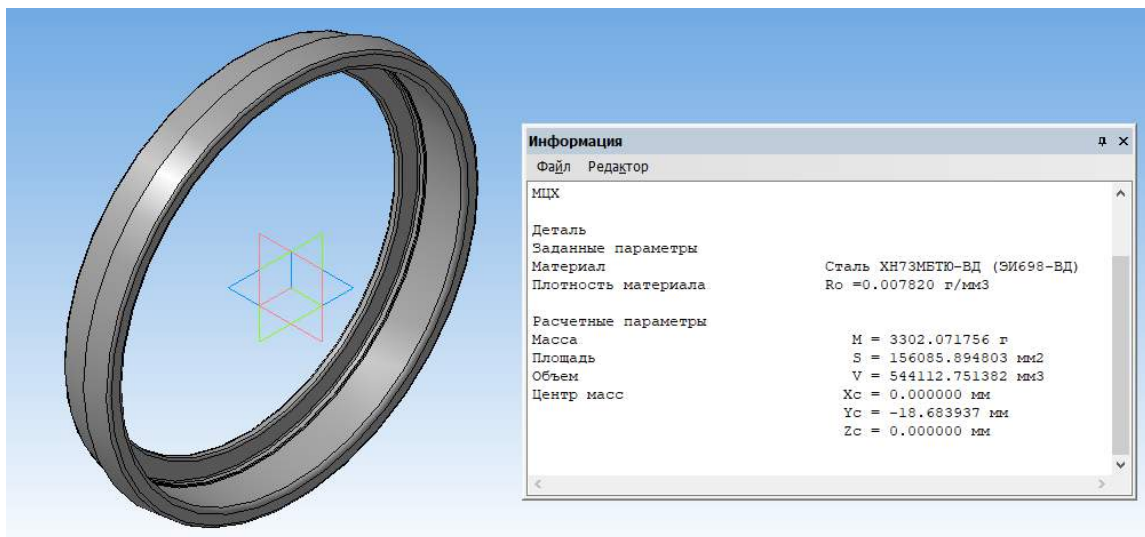


Рисунок 1.2 – 3D модель штампованої заготовки на ГКМ

В табл. 1.3 показано припуск на розміри заготовки на ГКМ

Таблиця 1.3 – Припуск на розміри штампованної заготовки на ГKM та розміри поверхонь

Деталь	Припуск заготовки	Розміри заготовки
Ø295	3,3	Ø 301,6
Ø 279,6	3,3	Ø 286,2
Ø 278	3,3	Ø 271,4
Ø 276	3,3	Ø 269,4
Ø 247	3,0	Ø 241
38	2,7	43,4
12,8	2,7	18,2
2,5	2,7	7,9
2,5	2,7	5,2

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

$$K_{ГKM} = \frac{m_{\text{дем}}}{m_{\text{заг}}} \quad (1.2)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.2):

$$K_{ГKM} = \frac{0,85}{3,0} = 0,29.$$

Розрахуємо собівартість заготовки за формулою (грн):

$$C_{ГKM} = \frac{C_i}{1000} \cdot m_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (m_{\text{заг}} - m_{\text{дем}}) \cdot \frac{S_{\text{омх}}}{1000}, \quad (1.3)$$

де C_i – базова вартість 1т. заготовок [1, т. 1.29, с. 20];

K_m – коефіцієнт, що залежить від класу точності [1, т. 1.24, с. 18];

K_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності [1, т. 1.25, с. 18,];

K_b – коефіцієнт, що залежить від маси [1, т. 1.26, с. 19];

K_m – коефіцієнт, що залежить від матеріалу [1, т. 1.27, с. 19];

K_n – коефіцієнт, що залежить від групи серійності [1, т. 1.28, с. 19];

Виконуємо розрахунки за формулою (1.3):

$$C_{ГKM} = \frac{3150}{1000} \cdot 3,0 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 1 - (3,0 - 0,85) \cdot \frac{140}{1000} = 13,65 \text{ грн.}$$

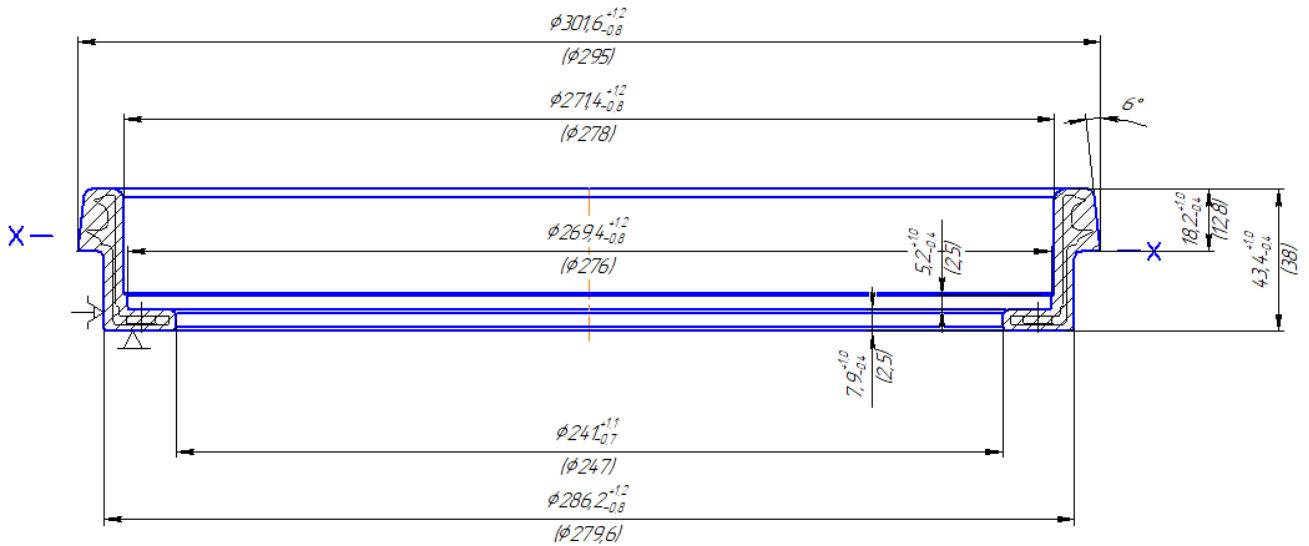


Рисунок 1.3 – Ескіз поковки на ГКМ

Штапування на ГКМ .

Вихідні дані: клас точності – Т4; група сталі – М2; ступінь складності – С1; вихідний індекс – 14.

Припуски на розміри штапованої заготовки на КГШП знаходяться в табл. 1.4

Таблиця 1.4 – Припуск на розміри штапованої заготовки на пресах та розміри поверхонь

Деталь	Припуск заготовки	Розміри заготовки
Ø295	2,5	Ø 300
Ø 279,6	2,5	Ø 284,6
Ø 278	2,5	Ø 273
Ø 276	2,5	Ø 271
Ø 247	2,3	Ø 242,4
38	1,9	41,8
12,8	1,9	16,6
2,5	1,9	6,3
2,5	1,9	4,4

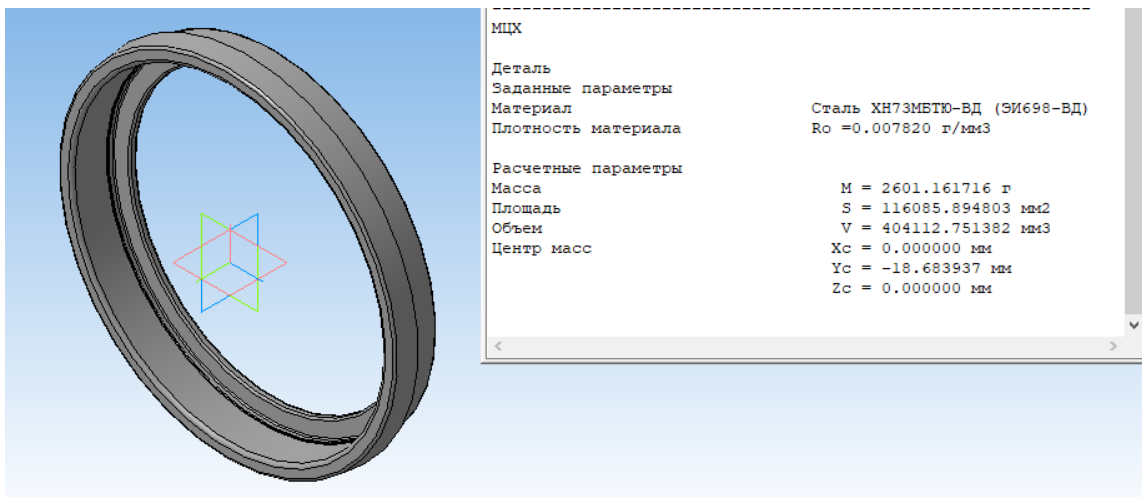


Рисунок 1.4 – 3D модель штампованої заготовки на КГШП

Виконуємо розрахунки за формулою (1.2):

$$K_{\text{КГШП}} = \frac{0,85}{2,4} = 0,36.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.3):

$$C_{\text{прес}} = \frac{3500}{1000} \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 1,21 \cdot 1 - (2,4 - 0,85) \cdot \frac{140}{1000} = 12,2 \text{ грн.}$$

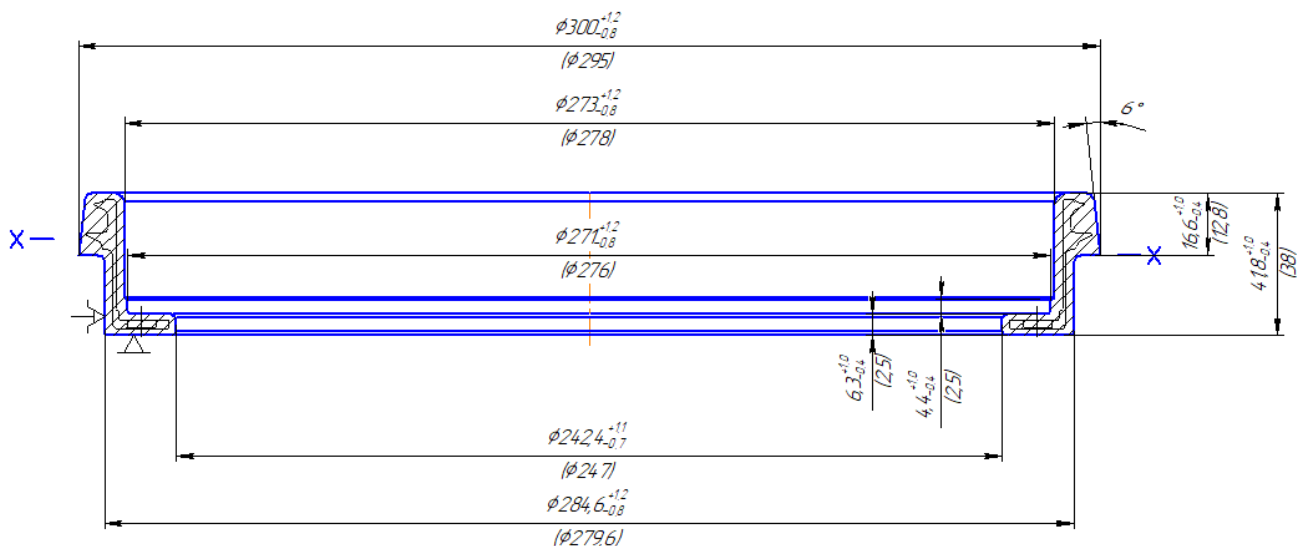


Рисунок 1.5 – Ескіз поковки на КГШП

Розрахуємо додаткові витрати на матеріал за формулою (грн):

$$Z_M = \frac{C_3}{1000} \cdot M . \quad (1.4)$$

Розрахуємо додатковий матеріал за формулою (кг):

$$M = \frac{m_{дет}(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1} \cdot N , \quad (1.5)$$

де N – річна програма випуску.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.5):

$$M = \frac{0,85(0,36 - 0,29)}{0,29 \cdot 0,36} \cdot 5000 = 2850 \text{ кг.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.4):

$$Z_M = \frac{3500}{1000} \cdot 140 = 490 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річне збереження вартості виготовлення заготовок за формулою (грн):

$$B_{32} = (S_{заг.лит} - S_{заг.шт}) \cdot \Pi . \quad (1.6)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.6):

$$B_{32} = (13,65 - 12,2) \cdot 5000 = 7250 \text{ грн.}$$

Розраховуємо абсолютне річне збереження при виробництві за формулою (грн):

$$E_3 = B_{32} - Z_{M3} . \quad (1.7)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.7):

$$E_3 = 7250 - 490 = 6760 \text{ грн.}$$

Отже, заготовка виготовлена штампуванням на КГШП дешевше ніж заготовка виготовлена штампуванням на ГКМ. Її впроваджуймо у виробництво, т.к. вона є більш дешевою та простою при обробці. Підсумок розділу знаходиться в табл. 1.5

Таблиця 1.5 – Економічне порівняння

Показники	Позначення	Од. вимірювання	Варіанти	
			Штамповка На ГКМ	Штамповка На КГШП
Маса деталі	$m_{дет}$	кг	0,85	
Маса заготовки	$m_{заг}$	кг	3,0	2,4
КВМ	$K_{ум}$		0,29	0,36
Базова ціна заготовки	C_i	грн	3150	3500
Коефіцієнти	K_m		1	1
	K_M		1,22	1,22
	$K_c; K_z$		1	1
	K_b		1,21	1,21
	K_n		1	1
Ціна за 1т стружки	$S_{отх}$	грн	140	
Вартість однієї заготовки	$S_{заг}$	грн	13,65	12,2

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі можна оцінити за допомогою ряду показників.

1) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі :

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.8)$$

де Q_e - загальна кількість конструктивних елементів,
 Q_{ye} - кількість уніфікованих елементів, тобто таких, обробка яких можлива стандартним інструментом.

$$K_{ke} = \frac{25}{25} = 1.$$

За цим показником конструкцію деталі можна вважати технологічною.

2) Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8, \quad (1.9)$$

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 14 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}},$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності розмірів,
 n – кількість розмірів що мають певний квалітет.

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 6 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 4}{18} = 9,61,$$

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,61} = 0,9 > 0,8.$$

Оскільки, $K_{mo} > 0,8$ - деталь слід вважати технологічною за цим показником.

3) Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \geq 0,32, \quad (1.10)$$

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \times n_{ш}}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{\kappa 4 \times n + \kappa 5 \times n + \kappa 6 \times n + \dots + \kappa 13 \times n}{\sum n}.$$

$$B_{cp} = \frac{4 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 6 \cdot 11 + 7 \cdot 4 + 10 \cdot 1}{18} = 6,28.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{6,28} = 0,16.$$

Оскільки, $K_{ш} > 0,32$ - деталь слід вважати технологічною за цим показником.

Після розрахунку конструкції на технологічність бачимо, що деталь виявилася середньо технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, оскільки саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні і т. п. процеси дії на поверхню заготовки.

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно скласти характеристику кожної оброблюваної поверхні і зіставити її з відповідною поверхнею заготовки. Характеристики основних поверхонь деталі (рис. 1.6) заносимо в табл. 1.6.

При проектуванні МОП зручно використовувати поняття уточнення, оскільки воно дозволяє за дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки. Під уточненням розуміють відношення величини допуску, даного показника партії деталей. Розрізняють загальне уточнення і уточнення по переходах.

Таблиця 1.6 - Показники точності і якості поверхонь деталі і заготовки

№ поверхні і її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники							
			Квалітет точності		Ст. точн. взаємного розташування, мм		Шорстк. Ra , мкм		Тверд.	
			дет	заг	дет	заг	дет	заг	дет	заг
1: $\varnothing 295h7_{-0,0,52}$	цил	зовн	7	16	-	-	2,5	40	HRC 58...62	HB 293...341
2: $\varnothing 278H10^{+0,21}$	цил	вн	10	16	-	-	2,5	40		
3: $\varnothing 276H10^{+0,21}$	цил	вн	10	16	-	-	2,5	40		
4: $\varnothing 247H7^{+0,046}$	цил	вн	7	16	-	-	2,5	40		
5: $38h10_{-0,1}$	пл	зовн	10	16	-	-	2,5	40		
6: $2.5h12_{-0,1}$	пл	вн	12	16	-	-	2,5	40		

Розраховуємо загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні по формулам:

$$\varepsilon_{do} = \frac{TD_{заг}}{TD_{дет}}, \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_{Rzo} = \frac{Rz_{заг}}{Rz_{дет}}, \quad (1.12)$$

де $TD_{заг}$ – допуск геометричного розміру для заготовки;
 $TD_{дет}$ – допуск геометричного розміру для деталі;
 $\Delta_{заг}$ – похибка форми та взаємного розташування для заготовки;
 $\Delta_{дет}$ – похибка форми та взаємного розташування для деталі;
 $Rz_{заг}$ – шорсткість заготовки;
 $Rz_{дет}$ – шорсткість деталі.

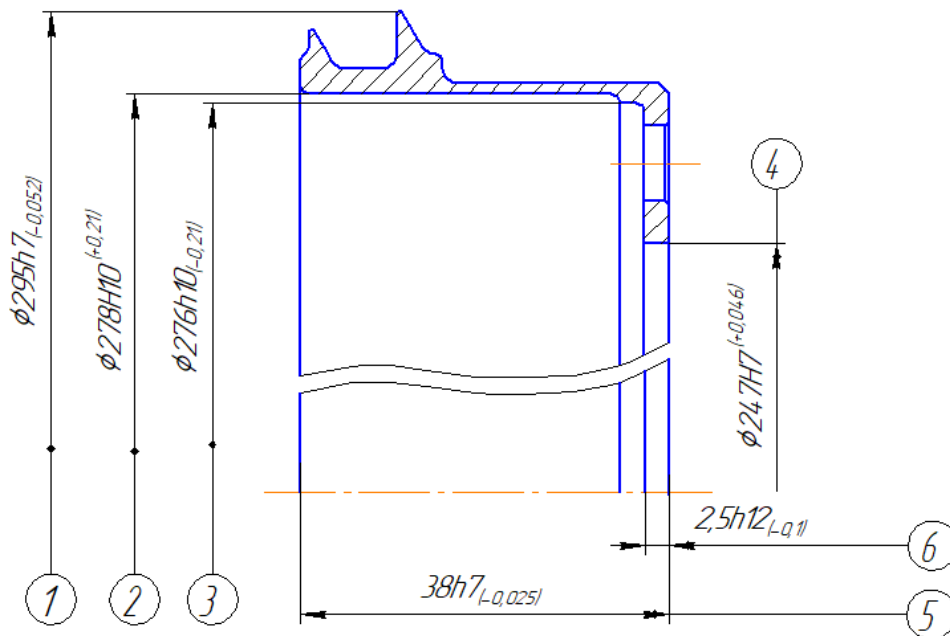


Рисунок 1.6 – Ескіз деталі з технологічною розміткою

Визначимо показники точності та якості основних поверхонь деталі.
 Виконуємо розробку МОП для поверхні 1.

Вихідні данні:

Поверхня – зовнішня циліндрична;

Параметри заготовки: $\phi 300$ IT16 $_{(-0,8)}^{(+1,2)}$ R_a 40;

Параметри деталі: $\phi 295$ h7 $_{(-0,052)}$ R_a 2.5;

Розраховуємо уточнення за показниками за формулами:

$$\varepsilon_{Td} = \frac{Td_3}{Td_0}. \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_0}. \quad (1.14)$$

Виконуємо розрахунки за формулами (1.13) та (1.14):

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2000}{52} = 38,4.$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{40}{2.5} = 16.$$

Виходячи з розрахунків вище переважаючим показником є показник точності геометричного розміру.

Розраховуємо кількість переходів за формулою:

$$K_p = 2 \lg \varepsilon_{Td}. \quad (1.15)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.14):

$$K_p = 2 \lg 38,4 = 3,1.$$

Приймаємо $K_p = 3$.

Розраховуємо різницю показників якостей та розподіляємо їх за законом прогресивного зменшення за формулою:

$$\Delta Td = IT_{заг} - IT_{дет}. \quad (1.16)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.15):

$$\Delta Td = IT16 - h7 = 9 = 5 + 3 + 1.$$

Встановлюємо послідовність показників точності та якості за точністю геометричного розміру за рівнянням:

$$ПШТК_{Td} = IT16 \rightarrow (T.O.) \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow h7.$$

Встановлюємо послідовність показників точності та якості за точністю шорсткістю поверхні за рівнянням:

$$ПШТК_{Ra} = Ra40 \rightarrow (T.O.) \rightarrow Ra 12,5 \rightarrow Ra 6,3 \rightarrow Ra 2,5.$$

Виконуємо розробку МОП для поверхні 4.

Вихідні данні:

Поверхня – внутрішня циліндрична;

Параметри заготовки: $\varnothing 242,4 \left(\begin{smallmatrix} +1,1 \\ -0,7 \end{smallmatrix} \right) R_a 40$;

Параметри деталі $\varnothing 247H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,046 \\ \end{smallmatrix} \right) R_a 2,5$;

Виконуємо розрахунки за формулами (1.13) та (1.14):

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1800}{46} = 39,1.$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{40}{2,5} = 16.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.15):

$$K_p = 21g 39,1 = 3,18.$$

Приймаємо $K_p = 3$.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.16):

$$\Delta Td = IT16 - H7 = 9 = 5 + 3 + 1.$$

Встановлюємо послідовність показників точності та якості за точністю геометричного розміру за рівнянням:

$$ПШТК_{Td} = IT16 \rightarrow (T.O.) \rightarrow H11 \rightarrow H8 \rightarrow H7.$$

Встановлюємо послідовність показників точності та якості за точністю шорсткістю поверхні за рівнянням:

$$ПШТК_{Ra} = Ra50 \rightarrow (T.O.) \rightarrow Ra 12,5 \rightarrow Ra 6,3 \rightarrow Ra 2,5.$$

Розрахунки інших поверхонь деталі показані в табл. 1.7.

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2: Ø278H10 +0,21 Ra2.5; Заготовка Ø273H10 ^{+1,2} _{-0,8} Ra40;	<i>Td</i>	9,5	1,95	2	ΔIT=IT16- H10 =4+2 IT16→H12→ →H10	1	Загот.	2,2	-	40	-	-	-
						2	ТО	-	-	-	-	-	-
	<i>Ra</i>	16				3	Точ. черн.	0,63	-	6.3	3.49	-	6.3
	<i>Δ</i>	-				4	Шлиф.однокр.	0,21	-	2.5	3.0	-	2.52
3: Ø276H10 +0,21 Ra2.5; Заготовка Ø271H10 ^{+1,2} _{-0,8} Ra40;	<i>Td</i>	9,5	1,95	2	ΔIT=IT16- H10 =4+2 IT16→H12→ →H10	1	Загот.	2,2	-	40	-	-	-
						2	ТО	-	-	-	-	-	-
	<i>Ra</i>	16				3	Точ. черн.	0,63	-	6.3	3.49	-	6.3
	<i>Δ</i>	-				4	Шлиф.однокр.	0,21	-	2.5	3.0	-	2.52

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5: 38h10 _{-0,1} Ra2,5; Заготовка 41,8 ^{+1,0} _{-0,4} Ra40;	<i>Td</i>	14	2,2	2	$\Delta IT=IT16-h10$ $6=4+2$ $IT16 \rightarrow h12 \rightarrow$ $\rightarrow h10$	1	Загот.	2,2	-	40	-	-	-
	<i>Ra</i>	16				2	ТО	-	-	-	-	-	-
	Δ	-				3	Точ. черн.	0,46	-	6,3	4,78	-	6,3
						4	Точ. чист.	0,1	-	2,5	3,83	-	2,52
6: 2,5h10 _{-0,1} Ra2,5; Заготовка 2,5 ^{+1,0} _{-0,4} Ra40;	<i>Td</i>	14	2,2	2	$\Delta IT=IT16-h10$ $6=4+2$ $IT16 \rightarrow h12 \rightarrow$ $\rightarrow h10$	1	Загот.	2,2	-	40	-	-	-
	<i>Ra</i>	16				2	ТО	-	-	-	-	-	-
	Δ	-				3	Точ. черн.	0,46	-	6,3	4,78	-	6,3
						4	Точ. чист.	0,1	-	2,5	3,83	-	2,52

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Після прийнятого МОП складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі - етапний маршрут виготовлення деталі :

1 етап - отримання заготовки, Т.О.

2 етап - механічна обробка:

- підготувати технологічні бази;
- токарна обробка (чорнова, чистова);
- свердлильна обробка.
- фрезерна обробка;

3 етап - механічна обробка:

- шліфування.

4 етап - мийна, контроль.

Проектування маршруту виготовлення деталі заносимо до табл. 1.8.

Таблиця 1.8- Маршрут виготовлення деталі

№ операції	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
005	Заготовка - штамповка	Прес
010	Термообробка: закалка, відпуск	Піч
015	Токарна	Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40
020	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК DMTG СКЕ6150z
025	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК DMTG СКЕ6150z
030	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК DMTG СКЕ6150z
035	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК DMTG СКЕ6150z
040	Мийна	Машина мийна
045	Вертикально - свердлильна	Вертикально-свердлильний з ЧПК VDL600A
050	Фрезерувальна з ЧПК	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13Ф3
055	Шліфувальна (зняття фасок)	Спец. шліфувальний П1Я18

Продовження табл. 1.8

060	Круглошліфувальна з ЧПК	Круглошлифовальный мод. Jainnher JHU 2710CNC
065	Круглошліфувальна	Круглошлифовальный мод. Jainnher JHU 2710CNC
070	Внутрішньошліфувальна	Внутрішньошлифовальный 3K227A
075	Слюсарна	Слюсарний верстак
080	Мийна	Мийна машина
085	Консервація	Контрольний стіл
090	Транспортна	Електрокар
095	Хім. Фос. Окс. ГФЖ	
100	Контроль	Стіл ОТК

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Технологічний розмір - це розмір, який визнається технологом і проставляється в технологічній документації. Технологічний розмір включає припуск під подальшу обробку.

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

До теперішнього часу розроблено два метода визначення припусків : розрахунково-аналітичний і дослідно-статистичний (табличний).

При визначенні припуску розрахунково-аналітичним методом визначають складові елементи припуску Rz , h , ρ , ε залежно від конкретних умов обробки і стану заготовки по довідковій літературі, а потім розраховують Z_i^{min} для переходів механічної обробки.

При визначенні припуску дослідно-статистичним методом величину загального припуску Z_0^{min} або припуску на перехід Z_i^{min} вибирають з таблиць довідкової літератури.

Розрахунок технологічних розмірів

Для зовнішньої циліндричної поверхні 1: - $\varnothing 295h7(-0,052)$ проводимо розрахунково-аналітичним методом.

Знаходимо елементи припуску:

1) для заготовки штамповка:

$R_{zI}=160$ мкм, $h_I=200$ мкм по [1, с. 34, табл. 3.8];

де R_z – шорсткість поверхні, мкм;

h – глибина поверхневого шару, мкм.

Розраховуємо відхилення при обробці за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{cm}^2} \quad , \quad (1.17)$$

де ρ_{k0} – кривизна поковок на 1мм, мкм; [2, т. 16 с. 186];

ρ_{cm0} – відхилення від співвісності на 1мм, мм [2, т. 18 с. 187].

Визначаємо кривизну поковки на довжину L за формулою (мкм/мм):

$$\rho_k = \rho_{k0} \cdot L. \quad (1.18)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.18) :

$$\rho_k = 4 \cdot 40 = 160 \text{ мкм} / \text{мм}.$$

Визначаємо відхилення від співвісності на довжину L за формулою (мм):

$$\rho_{cm} = \rho_{cm0} \cdot L. \quad (1.19)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.19):

$$\rho_{cm} = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.17):

$$\rho = \sqrt{160^2 + 20^2} = 161.$$

Розраховуємо показники за переходами за формулою (мкм):

$$\rho_i = \rho_{i-1} \cdot k, \quad (1.20)$$

де k – коефіцієнт уточнення [2, т. 29, с. 190].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.20):

$$\rho_2 = 161 \cdot 0,06 = 9,66 \approx 10.$$

$$\rho_3 = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \approx 0,5.$$

$$\rho_4 = 0,5 \cdot 0,01 = 0,005 \approx 0.$$

Розрахуємо мінімальний припуск за формулою (мкм):

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (R_z + h_i + \sqrt{\rho_i^2 + \varepsilon_{i-1}^2}), \quad (1.21)$$

де R_z – шорсткість поверхні в залежності від виду обробки, (мкм);
 h_i – висота дефектного шару в залежності від виду обробки, (мм);
 ε – похибка закріплення, [2, т. 13 с. 42].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.21):

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (80 + 100 + \sqrt{10^2 + 200^2}) = 760 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot (50 + 60 + \sqrt{0,5^2 + 80^2}) = 380 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{4\min} = 2 \cdot (20 + 30 + \sqrt{0^2 + 20^2}) = 140 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо номінальний припуск за формулами (мм):

$$2Z_3^H = 2Z_{3\min} + ei. \quad (1.22)$$

$$2Z_i^H = 2Z_i + Td_{i-1} \quad (1.23)$$

Виконуємо розрахунки за формулами (1.22) та (1.23):

$$2Z_2^H = 5 + 0,8 = 5,8 \text{ мм.}$$

$$2Z_3^H = 1,4 + 0,4 = 1,8 \text{ мм.}$$

$$2Z_4^H = 0,64 + 0,1 + 0,052 = 0,792 \text{ мм.}$$

Розрахуємо номінальний діаметр за формулою (мм):

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_{i+1}^H. \quad (1.24)$$

Виконуємо розрахунок за формулою (1.24):

$$d_6^H = 295 \text{ мм.}$$

$$d_3^H = 295 + 0,792 = 295,792 \text{ мм.}$$

$$d_2^H = 295,792 + 1,8 = 297,592 \text{ мм.}$$

$$d_1^H = 297,592 + 5,8 = 303,392 \text{ мм.}$$

Розрахуємо максимальний припуск за формулами (мм):

$$2Z_{3\max} = 2Z_{3\min} + Td_{заг} + Td_3. \quad (1.25)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_1. \quad (1.26)$$

Виконуємо розрахунки за формулами (1.25) та (1.26):

$$2Z_{2\max} = 5 + 2,2 + 0,4 = 7,6 \text{ мм.}$$

$$2Z_{3\max} = 1,4 + 0,4 + 0,1 = 1,9 \text{ мм.}$$

$$2Z_{4\max} = 0,64 + 0,1 + 0,052 = 0,792 \text{ мм.}$$

Розрахуємо загальний номінальний припуск за формулою (мм):

$$2Z_0^H = 2Z_3^H + 2Z_4^H + 2Z_5^H + 2Z_6^H . \quad (1.27)$$

Виконуємо розрахунок за формулою (1.27):

$$2Z_0^H = 5,8 + 1,8 + 0,792 = 8,392 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку контрольним правилам за формулами (мм):

$$2Z_0^H = d_{заг}^H - d_{дем}^H . \quad (1.28)$$

$$2Z_{3 \max} - 2Z_{3 \min} = Td_{заг} + Td_3 . \quad (1.29)$$

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = Td_{i-1} + Td_i . \quad (1.30)$$

Виконуємо перевірочний розрахунок за формулами (1.28) (1.29) (1.30):

$$8,392 = 303,392 - 295 \text{ мм.}$$

$$7,6 - 5 = 2,2 + 0,4 \text{ мм.}$$

$$1,9 - 1,4 = 0,4 + 0,1 \text{ мм.}$$

$$0,792 - 0,64 = 0,1 + 0,052 \text{ мм.}$$

Отже, контрольне правило виконано. У зв'язку з цим призначаємо такі розміри:

заготовка:	$\varnothing 303,4_{-0,8}^{+1,4}$ мм;
точіння чорнове :	$\varnothing 297,6_{-0,4}$ мм;
точіння чистове :	$\varnothing 295,8_{-0,1}$ мм;
шліфування однократне:	$\varnothing 295h7_{(-0,052)}$ мм.

Розрахунок технологічних розмірів для внутрішньої циліндричної поверхні - $\varnothing 247 \text{ H7}^{(+0.046)}$.

Розрахунок проводимо методом розмірних ланцюгів, призначаючи загальний припуск на обробку.

Призначаємо мінімальні припуски на механічну обробку за [1, т. 3.2 с. 52]:

для чорнового точіння: $2Z_{2\min} = 2 \cdot 2.2 = 4,4 \text{ мм}$;

для чистового точіння: $2Z_{3\min} = 2 \cdot 0,7 = 1.4 \text{ мм}$;

для чорнового шліфування: $2Z_{4\min} = 2 \cdot 0,29 = 0,58 \text{ мм}$.

Виконуємо розрахунки за формулами (1.22) (1.23):

$$2Z_2^H = 4,4 + 0,7 = 5,1 \text{ мм.}$$

$$2Z_3^H = 1,4 + 0,4 = 1,8 \text{ мм.}$$

$$2Z_3^H = 0,58 + 0,1 + 0,046 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.24):

$$d_5^H = 247 \text{ мм.}$$

$$d_3^H = 247 - 0,726 = 246,274 \text{ мм.}$$

$$d_2^H = 246,274 - 1,8 = 244,474 \text{ мм.}$$

$$d_1^H = 244,474 - 5,1 = 239,374 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.26):

$$2Z_2^{Max} = 4,4 + 2 + 0,4 = 6,8 \text{ мм.}$$

$$2Z_3^{Max} = 1,4 + 0,4 + 0,1 = 1,9 \text{ мм.}$$

$$2Z_4^{Max} = 0,58 + 0,1 + 0,046 = 0,726 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.27):

$$2Z_0^H = 5,1 + 1,8 + 0,726 = 7,626 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірочний розрахунок за формулами (1.28) (1.29) (1.30):

$$7,626 = 247 - 239,374.$$

$$6,8 - 4,4 = 2 + 0,4.$$

$$1,9 - 1,4 = 0,4 + 0,1.$$

$$0,726 - 0,58 = 0,1 + 0,046.$$

Отже, контрольне правило виконано. У зв'язку з цим призначаємо такі розміри:

заготовка:	$\varnothing 239,4 \begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$ мм;
точіння чорнове:	$\varnothing 244,5_{-0,4}$ мм;
точіння чистове:	$\varnothing 246,274_{-0,1}$ мм;
шліфування чорнове:	$\varnothing 247H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,046 \end{smallmatrix} \right)$ мм.

1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання для токарної операції з ЧПК 025

Початкові дані:

- деталь – кільце лабіринтне переднє;
- матеріал - ХН73ММБТЮ-ВД;
- заготовка – штамповка;
- верстат - токарний DMTG СКЕ6150z/1000 з ЧПУ Fanuc.

Операційний ескіз обробки показаний на рис. 1.7.

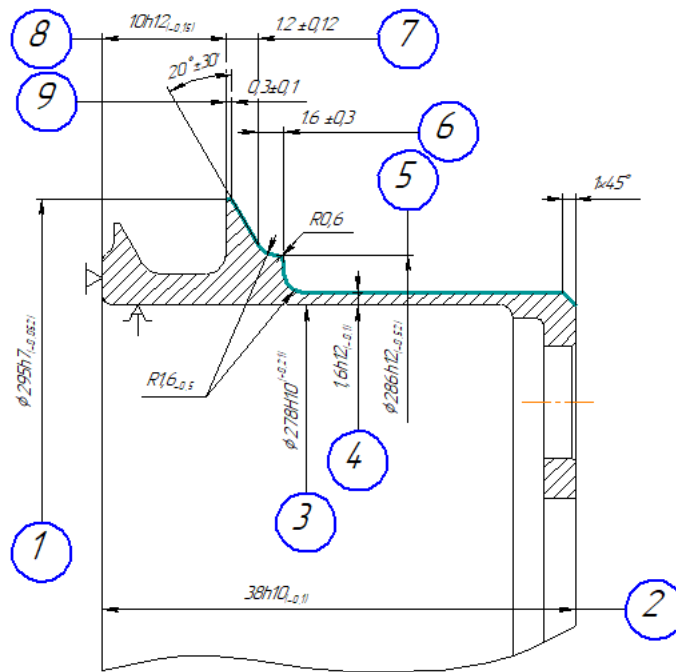


Рисунок 1.7 – Ескіз токарної операції

Визначаємо глибину різання за формулою (мм):

$$t = \frac{d_3 - d_0}{2}, \quad (1.31)$$

де d_3 – діаметр заготовки, мм;

d_0 – діаметр деталі, мм.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.31):

$$t = \frac{303,4 - 295}{2} = 4,2 \text{ мм.}$$

Визначаємо розрахункову подачу за формулою (мм/об):

$$S_p = S \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.32)$$

де S – подача в мм/об [3];

K_1 – коефіцієнт, що залежить від оброблюючого матеріалу [3];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від виду обробки [3].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.32):

$$S_{\text{Расч}} = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,74 = 0,592 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (м/хв):

$$V_o = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10}, \quad (1.32)$$

де $V_{табл}$ – швидкість різання залежно від інструментального матеріалу [3];

K_1 – робота з охолодженням [3];

K_2 – коефіцієнт, що враховує кут різця в плані [3];

K_3 – коефіцієнт, що враховує стан поверхні що оброблюються [3];

K_4 – коефіцієнт, що враховує відношення діаметрів [3];

K_5 – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструмента [3];

K_6 – коефіцієнт, що враховує твердість матеріала [3];

K_7 – коефіцієнт, що враховує глибину різання [3];

K_8 – коефіцієнт, що враховує подачу інструмента [3];

K_9 – коефіцієнт, що враховує стійкість інструмента [3];

K_{10} – коефіцієнт, що враховує вид обробки [3].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.32):

$$V_{расч} = 108 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 = 53,26 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделя верстата за формулою (об/хв):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.34)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot 53,26}{3,14 \cdot 295} = 57,49 \text{ об/хв.}$$

Скориговане число обертів шпинделя верстата відповідно до паспорту верстата: $n_{см} = 50$ об/хв;

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (м/хв):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{см}}{1000} \quad (1.35)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 295 \cdot 50}{1000} = 46,3 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою, (Н):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p . \quad (1.36)$$

де $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,5$, [4, т. 22 с. 273].

Визначаємо поправочний коефіцієнт за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} , \quad (1.37)$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу;

$K_{\phi p}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані ϕ [4, т. 27, стр. 275];

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, який враховує передній кут [4, т. 27, стр. 275];

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, який враховує кут нахилу головного леза λ [4, т. 27, стр. 275];

K_{rp} – коефіцієнт, який враховує радіус інструмента [4, т. 27, стр. 275].

Коефіцієнт K_{mp} для сталі визначаємо за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n , \quad (1.38)$$

де $\sigma_s = 710$ Мпа для сталі ХН73ММБТЮ-ВД;

n_v – показник, що враховує вплив якості матеріалу [4, т. 4 с. 264].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.38):

$$K_{mp} = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,3} = 0,98 .$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.37):

$$K_p = 0,98 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,984 .$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.36):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0.3^{0.75} \cdot 46,3^{-0.5} \cdot 0,984 = 212,7 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання за формулою, (кВт):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.39)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.39):

$$N = \frac{212,7 \cdot 46,3}{1020 \cdot 60} = 0,16 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність на шпинделі за формулою (кВт):

$$N_{um} = N_{cm} \cdot \eta \quad , \quad (1.40)$$

де N_{cm} – потужність верстата, кВт;
 η – ККД верстата.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.40):

$$N_{um} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ кВт.}$$

$N_p \leq N_{um}$, отже обрані режими різання задовільняють умові виникнення різання.

Визначаємо основний час за формулою (хв):

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{n_i \cdot S_i} \cdot i \quad , \quad (1.41)$$

де $L_{p.x}$ – довжина робочого ходу, мм;
 i – кількість проходів, шт.

Визначаємо довжину робочого ходу за формулою, (мм):

$$L_{p.x} = L_o + L_{ep}, \quad (1.42)$$

де L_{ep} – довжина врізання, мм

Виконуємо розрахунки за формулою (1.42):

$$L_{p.x} = 28 + 2 = 30 \text{ мм}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.41):

$$t_0 = \frac{30,5 + 3}{50 \cdot 0,59} \cdot 2 = 2,27 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для свердильної операції 045

Операційний ескіз деталі «кільце лабіринтне передне» показано на (рис. 1.8).

Верстат вертикально-свердильний VDL600A з ЧПК.

Квалітет Н11; Шорсткість $Ra=2,5$ мкм.

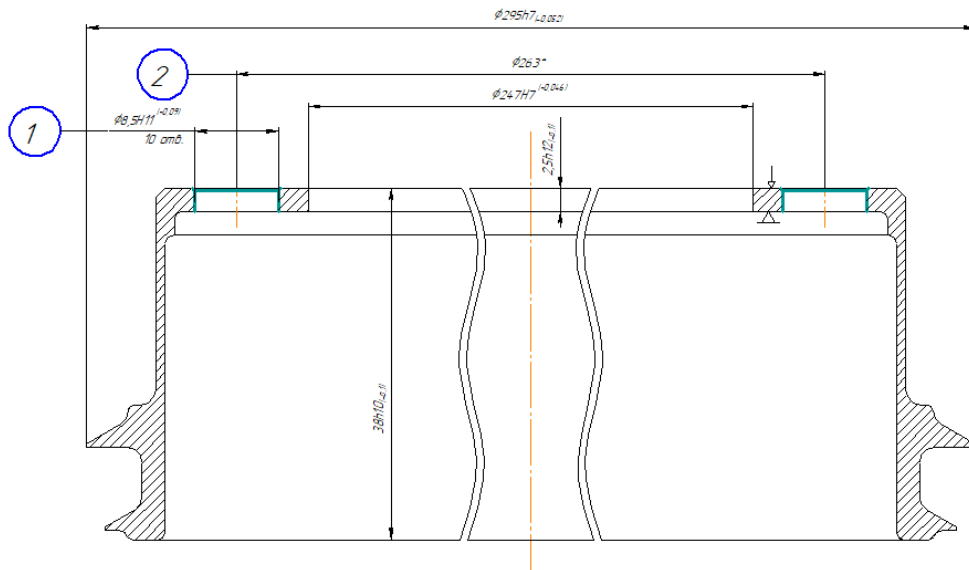


Рисунок 1.8 – Ескіз свердильної операції

Визначаємо глибину різання за формулою (мм):

$$t = \frac{d_{cv}}{2}, \quad (1.43)$$

де d_{cv} – діаметр отвору, який свердлиться, мм.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.43):

$$t = \frac{8,5}{2} = 4,25 \text{ мм.}$$

Визначаємо розрахункову подачу за формулою (мм/об):

$$S_p = S \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.44)$$

де S – подача в мм/об [3];

K_1 – коефіцієнт, що залежить від довжини свердління [3];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від типу отвору [3].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.44):

$$S_{\text{расч}} = 0,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (м/хв):

$$V_o = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8, \quad (1.45)$$

де $V_{\text{табл}}$ – швидкість різання в залежності від інструментального матеріалу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує твердість матеріалу [3];

K_2 – коефіцієнт, що враховує стійкість інструмента [3];

K_3 – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної стійкості до нормативної

K_4 – коефіцієнт, що враховує довжину свердління [3];

K_5 – коефіцієнт, що враховує подачу [3];

K_6 – коефіцієнт, що враховує діаметр свердлення [3];

K_7 – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструмента [3];

K_8 – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням [3]

Виконуємо розрахунки за формулою (1.45):

$$V_{\text{расч}} = 25,3 \cdot 0,86 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 20,7 \text{ м/хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 20,7}{3,14 \cdot 8,5} = 775,5 \text{ об/хв.}$$

Скориговане число обертів шпинделя верстата відповідно до паспорту верстата: $n_{cm} = 730$ об/хв.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.35):

$$V = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 730}{1000} = 19,48 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою, (Н·м):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{мр}, \quad (1.46)$$

де $C_M = 0.0345$; $q = 2$; $y = 0.8$ [4, т. 32 с. 281]

Коефіцієнт $K_{мр}$ для сталі визначаємо за формулою (1.38):

Виконуємо розрахунки за формулою (1.46):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8,5^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,98 = 8,06 \text{ Н·м.}$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання за формулою, (кВт):

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750}, \quad (1.47)$$

де $M_{кр}$ – значення крутного моменту, яке витрачається на процес різання.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.47):

$$N_p = \frac{8,06 \cdot 730}{9750} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність на шпинделі за формулою (1.40)

$N_p \leq N_{um}$, отже обрані режими різання задовільняють умови виникнення різання.

Визначаємо довжину робочого ходу за формулою, (мм):

$$L_{p.x} = L_o + L_{вр} + L_{пер}, \quad (1.48)$$

де $L_{вр}$ – довжина врізання, мм

$L_{пер}$ – довжина перебігу, мм

Виконуємо розрахунки за формулою (1.48):

$$L_{p.x} = 2,5 + 2 + 2 = 6,5 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.41):

$$t_o = \frac{2,5 + 2 + 2}{730 \cdot 0,25} \cdot 10 = 0,36 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для фрезерної операції 050

Операційний ескіз деталі «кілець лабіринтне передне» показано на (рис. 1.10).

Операція 050 – Фрезерна з ЧПК.

Верстат вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3.

Квалітет Н12; Шорсткість $Ra=2,5$ мкм

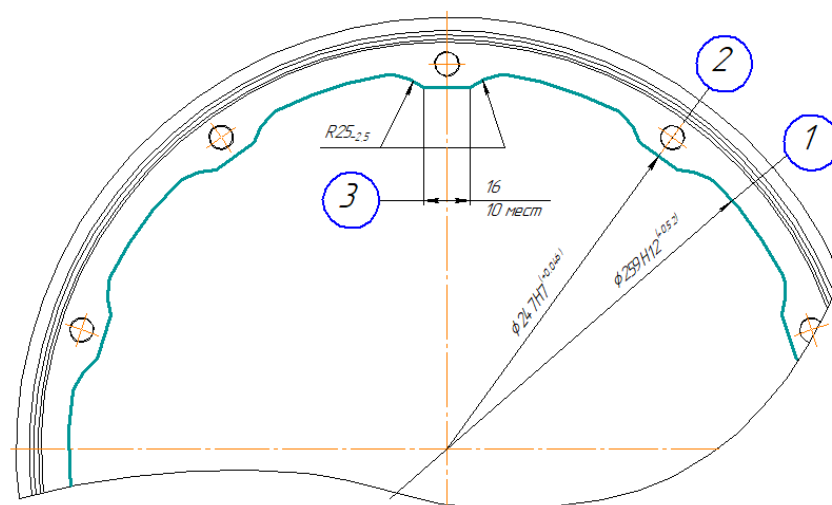


Рисунок 1.10 – Ескіз фрезерної операції

Визначаємо глибину різання за формулою (1.31):

$$t = \frac{38 - 35,5}{2} = 1,25 \text{ мм.}$$

Призначаємо подачу за довідковою літературою [4, т. 36 с. 285],
 $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб.}$

Призначаємо стійкість фрези за довідковою літературою [4, т. 40. с. 290], $T = 120 \text{ хв.}$

Визначаємо швидкість різання за формулою [4, с. 287]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (1.49)$$

де D – діаметр отвору, мм;
 T – період стійкості фрези;
 t – глибина фрезерування, мм;
 B – ширина фрезерування, мм;
 Z – кількість зубів фрези, шт.

Значення коефіцієнтів та показників ступені: $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,05$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$. [4, т. 39 с. 287].

Коефіцієнт K_{Mv} для сталі визначаємо за формулою:

$$K_{Mv} = Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{mv}, \quad (1.50)$$

де $\sigma_v = 710 \text{ Мпа}$ для сталі ХН73МБТЮ-ВД.

Коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{IIv}, \quad (1.51)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт для матеріалу інструменту [4, т. 2 с. 262];
 K_{Iv} – показник, що враховує вплив стану поверхні заготовки [4, т. 5, с. 263];
 K_{IIv} – показник, що враховує вплив матеріалу інструменту [4, т. 6, с. 263].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.50):

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{710} \right)^{-0,9} = 0,95.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.51):

$$K_v = 0,95 \cdot 1 \cdot 0,65 = 0,62.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.49):

$$V = \frac{46,7 \cdot 247^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 1,25^{0,05} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 6^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,62 = 158,4 \text{ м/хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot 158,4}{3,14 \cdot 247} = 224,2 \text{ об/хв.}$$

Скориговане число обертів шпинделя верстата відповідно до паспорту верстата: $n_{см} = 220 \text{ об/хв.}$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.35):

$$V = \frac{3,14 \cdot 247 \cdot 220}{1000} = 170,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою, (Н):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_{z\phi}^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n_\phi^w} \cdot K_{mp}, \quad (1.52)$$

де $S_{z\phi}$ – фактична подача на зуб, мм/зуб;

t – глибина фрезерування, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

Z – кількість зубів фрези, шт;

D – діаметр отвору, мм.

Значення коефіцієнтів та показників ступені: $C_p = 825$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 1,1$; $w = 0$ [4, т. 41 с. 291].

Коефіцієнт K_{mp} для сталі визначаємо за формулою (1.38).

Виконуємо розрахунки за формулою (1.52):

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 5}{247^{1,1} \cdot 220^0} \cdot 0,98 = 237,2 \text{ Н.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.39):

$$N = \frac{237 \cdot 170,6}{1020 \cdot 60} = 0,66 \text{ кВт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.48):

$$L_{p.x} = 50 + 2 + 2 = 54 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.41):

$$t_o = \frac{50 + 2 + 2}{220 \cdot 0,1} \cdot 2 = 2,45 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції 060
Операційний ескіз деталі «кільце лабіринтне передне» показано на
(рис. 1.11).

Операція 055 – Круглошлифовальна з ЧПК;

Верстат Круглошлифовальний з ЧПК Jainnher JHU-2710CNC;

Квалітет h12; Шорсткість $Ra = 2,5$ мкм.

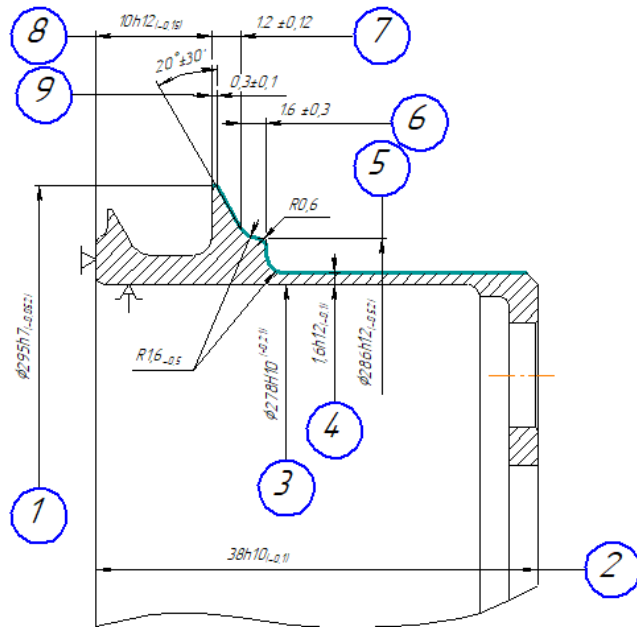


Рисунок 1.11 – Ескіз шліфувальної операції

Виконуємо розрахунки за формулою (1.31):

$$t = 0.25 \text{ мм.}$$

Призначаємо швидкість різання за довідковою літературою [5, с. 343],
 $V = 20 \text{ мм/хв.}$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.34):

$$n_d = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 247} = 254,7 \text{ об/хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.35):

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 405 \cdot 1603}{1000 \cdot 60} = 34 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову подачу за формулою (мм/об):

$$S_{t/об} = S_{tT} \cdot K_{St}, \quad (1.53)$$

де S_{tT} – табличне значення радіальної подачі на хід, мм [5, т. 162 с. 345]

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт за формулою:

$$K_{St} = K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{V_k} \cdot K_T \cdot K_{iT} \cdot K_h \quad , \quad (1.54)$$

де K_M – коефіцієнт, який враховує матеріал, який оброблюють [5, т. 165 с. 348];

K_R – коефіцієнт, який враховує радіус галтелі деталі [5, т. 165 с.348];

K_D – коефіцієнт, який враховує діаметр круга [5, т. 165 с.348];

K_{V_k} – коефіцієнт, який враховує швидкість круга [5, т. 165 с.348];

K_T – коефіцієнт, який враховує стійкість круга [5, т. 165 с.348];

K_{iT} – коефіцієнт, який враховує точність обробки [5, т. 165 с.348];

K_h – коефіцієнт, який враховує припуск на обробку [5, т. 165 с.348].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.54):

$$K_{St} = 1 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,08 = 0,2 \text{ .}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.53):

$$S_{t/об} = 0,0225 \cdot 0,2 = 0,004 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання за формулою, (кВт):

$$N = N_m \cdot K_1 \cdot K_2 \quad , \quad (1.55)$$

де N_m – таблична потужність різання при шліфуванні, Н [6, к. 8 с.630] ;

K_1 – коефіцієнт, який залежить від твердості та ширини круга [6, к. 8 с.630] ;

K_2 – коефіцієнт, який залежить діаметру шліфування [6, к. 8 с.630] .

Виконуємо розрахунки за формулою (1.55):

$$N = 2,35 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,7 \text{ кВт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.40):

$$N_{ун} = 3,75 \cdot 0,8 = 3 \text{ кВт.}$$

Визначаємо основний час за формулою (хв):

$$t_0 = \frac{L \cdot h \cdot K}{2 \cdot n_d \cdot {}^s B \cdot S_{t/об}}, \quad (1.56)$$

де L – довжина обробки, мм

h – припуск на діаметр, який дорівнює глибині обробці, мм;

K – коефіцієнт, який враховує час на створення початкового натягу в системі.

Визначаємо довжину обробки за формулою, (мм):

$$L = L_0 - \frac{B_K}{2}, \quad (1.57)$$

де B_K – ширина шліфувального круга, мм.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.57):

$$L = 38 - \frac{10}{2} = 33 \text{ мм.}$$

Визначаємо поперечну подачу за формулою, (мм/об)

$${}^s B = 0,5 \cdot B_K. \quad (1.58)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.58):

$${}^s B = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм/об.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.56):

$$t_0 = \frac{33 \cdot 0,246 \cdot 1}{2 \cdot 250 \cdot 5 \cdot 0,004} = 0,82 \text{ хв.}$$

1.7 Розрахунок технічної норми часу

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для токарної операції .

Визначаємо норму допоміжного часу за формулою, (хв):

$$t_e = (t_{y.c.} + t_{\text{бн/о}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{контр}}) \cdot K, \quad (1.59)$$

де $t_{y.c.}$ – допоміжний час на зняття та встановлення деталей, хв.
[6, к. 51, с. 138];

$t_{\text{бн/о}}$ – час швидкого підводу-відводу інструменту, хв;

$t_{\text{пер}}$ – час, який пов'язаний з переходом, хв;

$t_{\text{контр}}$ – час, який пов'язаний з контрольними промірами, хв;

K – коефіцієнт, який залежить від типу виробництва.

Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв) :

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{вкл/викл}} + t_{\text{змс}} + t_{\text{змп}} + t_{\text{ц}} + t_{\text{уст.і}} + t_{\text{сож}}, \quad (1.60)$$

де $t_{\text{вкл/викл}}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата

$t_{\text{змс}}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 61, с. 156];

$t_{\text{змп}}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 61, с. 156];

$t_{\text{ц}}$ – час, який пов'язаний зі встановленням огороження [6, к. 61, с. 156];

$t_{\text{уст.і}}$ – час, який пов'язаний зі встановленням інструменту [6, к. 61, с. 156];

$t_{\text{ЗОР}}$ – час, який пов'язаний зі змащуванням деталі [6, к. 61, с. 156].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.60):

$$t_{\text{пер}} = 0,01 + 0,03 + 0,03 + 0,05 + 0,7 + 0,03 = 0,85 \text{ хв.}$$

Визначаємо час, який пов'язаний з контрольними промірами за формулою, (хв):

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{контр табл}} \cdot i, \quad (1.61)$$

де $t_{\text{контр табл}}$ – табличний час, який пов'язаний з контрольними промірами, хв [6, к. 64, с. 160];

i – періодичність контрольних промірів.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$t_{\text{контр}} = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{\epsilon} = (0,11 + 0,3 + 0,85 + 0,05) \cdot 1,85 = 2,423 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму додаткового часу за формулою, (хв):

$$t_{np} = (t_0 + t_{\epsilon}) \cdot \alpha_{\Sigma}, \quad (1.62)$$

де α_{Σ} – сумарний час на обслуговування, відпочинок та природні потреби, хв.

Визначаємо сумарний час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби за формулою, (хв):

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{обсл} + \alpha_{отд} + \alpha_{ест}, \quad (1.63)$$

де $\alpha_{обсл}$ – час, який пов'язаний з обслуговуванням робочого місця, хв [6, к. 2, с. 136];

$\alpha_{отд} + \alpha_{ест}$ – час, який пов'язаний з відпочинком та особистими потребами, хв [6, к. 2, с. 136].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.63):

$$\alpha_{\Sigma} = 0,021 + 0,042 = 0,063 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.62):

$$t_{np} = (1,05 + 2,423) \cdot 0,063 = 0,218 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний часу за формулою, (хв):

$$t_{ум} = t_0 + t_{\epsilon} + t_{np}. \quad (1.64)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.64):

$$t_{ум} = 1,05 + 2,423 + 0,218 = 3,691 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час за формулою, (хв):

$$t_{n.3.} = t_{n.3.1} + t_{n.3.2} + t_{n.3.3}, \quad (1.65)$$

де $t_{n.3.1}$ – підготовчо-заключний час на налагодження верстата інструмента та пристосувань, хв [6, к. 49, с. 135];

$t_{n.3.2}$ – підготовчо-заключний час на додаткові прийоми, хв [6, к. 49, с. 136];

$t_{n.3.3}$ – підготовчо-заключний час на отримання інструмента та пристосувань до початку та здачу після закінчення обробки, хв [6, к. 49, с. 136].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.65):

$$t_{n-3} = 8 + 0 + 7 = 15 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою, (хв):

$$t_{um-\kappa} = t_{ui} + \frac{t_{n-3}}{n}, \quad (1.66)$$

де n – об'єм партії серійного виробництва, шт.

Визначаємо об'єм партії серійного виробництва за формулою, (шт):

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \quad (1.67)$$

де a – періодичність запуску деталі у виробництво, дн;

N – річна програма випуску, шт;

A – кількість робочих днів у році.

Виконуємо розрахунки за формулою (1.67):

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} \approx 99 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.65):

$$t_{um-\kappa} = 3,69 + \frac{15}{99} = 3,84 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для свердлильної операції.

Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв):

$$t_{пер} = t_{пер.табл} + t_{вкл/викл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{інст} + t_{уст.і} + t_{вкл/викл\ COЖ} + t_{сож}, \quad (1.68)$$

де $t_{пер\ табл}$ – табличний час, який пов'язаний з переходом [6, к. 46, с.295];

$t_{вкл/викл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата;

$t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 47, с. 296];

$t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 47, с. 296];

$t_{уст.і}$ – час, який пов'язаний зі встановленням інструменту [6, к. 47, с. 296];

$t_{вкл/викл\ ЗОР}$ – час, який пов'язаний зі включенням – виключенням ЗОР [6, к. 47, с. 296];

$t_{ЗОР}$ – час, який пов'язаний зі змащуванням деталі [6, к. 47, с. 296].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.68):

$$t_{пер} = 0,17 + 0,01 + 0,03 + 0,03 + 0,05 + 0,03 + 0,05 = 0,82 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$t_{контр} = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{г} = (0,16 + 0,3 + 0,82 + 0,5) \cdot 1,85 = 3,293 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.63):

$$\alpha_{\Sigma} = 0,075 + 0,02 = 0,095 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.62):

$$t_{np} = (0,5 + 3,293) \cdot 0,095 = 0,36 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.64):

$$t_{ум} = 0,5 + 3,293 + 0,36 = 4,153 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.65):

$$t_{n-3} = 9 + 0 + 5 = 13 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.67):

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} \approx 99 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.66):

$$t_{шт-к} = 4,153 + \frac{15}{99} = 4,3 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для фрезерної операції.
Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв):

$$t_{пер} = t_{реж} + t_{т.о} + t_{вкл/викл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{ц} + t_{уст.і} + t_{вкл/викл\ сож}, \quad (1.69)$$

де $t_{реж}$ – табличний час, який пов'язаний з режимом роботи [6, к. 64, с. 440];
 $t_{т.о.}$ – табличний час, який пов'язаний з типом обробки [6, к. 64, с. 440];
 $t_{вкл/викл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата
 $t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 64, с. 442];
 $t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 64, с. 442];
 $t_{ц}$ – час, який пов'язаний встановленням огороження [6, к. 64, с. 442];
 $t_{уст.і}$ – час, який пов'язаний зі встановленням інструменту [6, к. 64, с. 440];
 $t_{вкл/викл\ ЗОР}$ – час, який пов'язаний зі включенням – виключенням ЗОР [6, к. 66 с. 445].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.69):

$$t_{пер} = 0,05 + 0,09 + 0,01 + 0,04 + 0,03 + 0,18 + 0,17 + 0,04 = 0,61 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.70):

$$t_{контр} = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_g = (0,13 + 0,3 + 0,61 + 0,05) \cdot 1,85 = 2,01 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.61):

$$\alpha_\Sigma = 0,0675 + 0,108 = 0,1755 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.62):

$$t_{np} = (0,85 + 2,01) \cdot 0,1755 = 0,5 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.64):

$$t_{um} = 0,85 + 2,01 + 0,5 = 3,36 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.65):

$$t_{n-3} = 14,7 + 2 + 0 + 7 = 23,7 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.67):

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} \approx 99 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.66):

$$t_{um-k} = 3,36 + \frac{23,7}{99} = 3,6 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунок технічної норми часу для шліфувальної операції.

Визначаємо час, який пов'язаний з переходом за формулою, (хв):

$$t_{пер} = t_{пер} + t_{вкл / викл} + t_{змс} + t_{змп} + t_{ц} + t_{уст.i}, \quad (1.70)$$

де $t_{пер}$ – табличний час, який пов'язаний з переходом [6, к. 15, с. 639];
 $t_{вкл/викл}$ – час, який пов'язаний зі включенням та виключенням верстата
 $t_{змс}$ – час, який пов'язаний зі зміною подачі [6, к. 18, с. 643];
 $t_{змп}$ – час, який пов'язаний зі зміною числа обертів [6, к. 18, с. 643];
 $t_{ц}$ – час, який пов'язаний встановленням огороження [6, к. 15, с. 639].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.70):

$$t_{пер} = 0,08 + 0,01 + 0,03 + 0,03 + 0,09 = 0,24 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.59):

$$t_{контр} = 0,7 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.51):

$$t_e = (0,16 + 0,3 + 0,24 + 0,35) \cdot 1,85 = 1,9425 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.63):

$$\alpha_{\Sigma} = 1,7 + 0,04 + 0,007 = 1,747 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.62):

$$t_{np} = (0,028 + 1,9425) \cdot 1,747 = 3,44 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.64):

$$t_{ум} = 0,028 + 1,9425 + 3,44 = 5,41 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою, (хв):

$$t_{н.з.} = t_{н.з.1} + t_{н.з.2}, \quad (1.71)$$

де $t_{н.з.1}$ - підготовчо-заключний час на встановлення деталі, хв
[6, к. 20, с. 646];

$t_{н.з.2}$ - підготовчо-заключний час на зміну шліфувального круга, хв

[6, к. 20, с. 646].

Виконуємо розрахунки за формулою (1.65):

$$t_{n-3} = 7 + 6 = 13 \text{ хв.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.67):

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} \approx 99 \text{ шт.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (1.66):

$$t_{\text{ум-к}} = 5,41 + \frac{13}{99} = 5,54 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК з використанням NX CAM

Сучасне виробництво значною мірою спирається на використання верстатів з ЧПК. Самі верстати ускладнюються, стають більш інтелектуальними, в той же час їх ефективна експлуатація вимагає ефективного управління. Посилення конкуренції і потреба ринку в складних виробках примушують підприємства замислюватися про комплексну автоматизацію підготовки виробництва і самого виробництва.

Одним з найбільш популярних рішень в області CAM (Computer Aided manufacturing) є система NX від компанії Siemens PLM Software - комплексне CAD/CAM/CAE – рішення для конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Система успішно застосовується на підприємствах авіакосмічної галузі і автомобілебудування, в суднобудуванні і енергетиці, у виробництві медичного устаткування, у сфері верстатобудування і машинобудування та ін.

Програмування верстатів з ЧПК NX CAM — модуль підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК. Підтримує різні види обробки: токарну, фрезерну на 3-5-осьових верстатах з ЧПК, токарно-фрезерну, електроерозійну дротяну обробку. Система NX CAM підтримує прогресивні види обробки і устаткування: високошвидкісне фрезерування,

обробку на основі елементів, токарно-фрезерні багатофункціональні верстати. Містить вбудований модуль симуляції обробки на верстаті, що працює в кодах керуючої програми (G-code), який використовується для аналізу керуючих програм і забезпечує контроль зіткнень.

1.8.1 Розробка токарної операції

Розробка токарної операції 025 з ЧПК за допомогою програми «Unigraphics» модуль NX CAM. Для розробки технологічної операції в NX CAM попередньо створюємо трьохвимірну модель деталі, яка відповідає операційному ескізу розроблюваної технологічної операції. На рис.1.12 – показано траєкторію руху інструменту, на рис. 1.13 - деталь та інструмент та на рис. 1.14 - оброблена деталь.

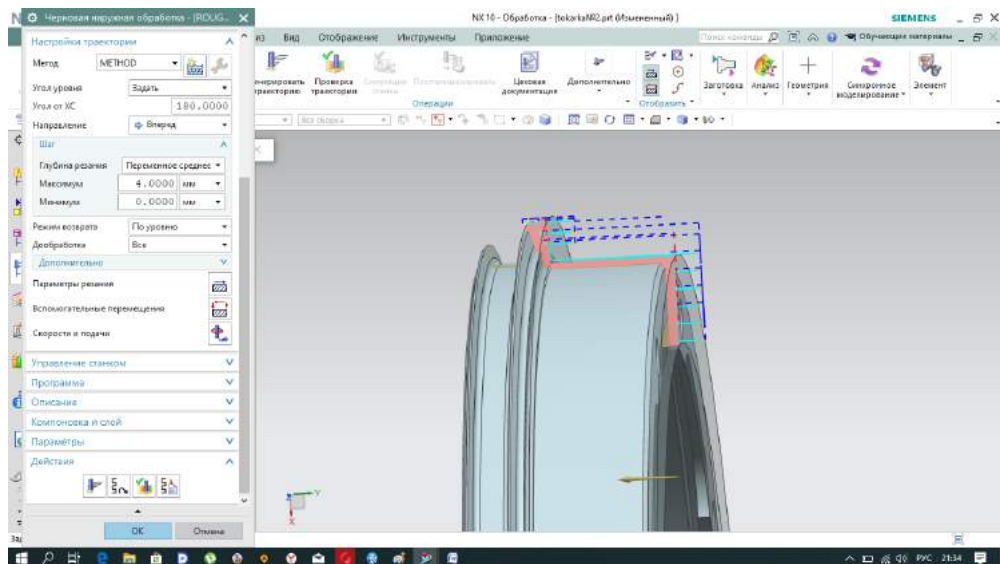


Рисунок 1.12 – Траєкторія руху інструменту

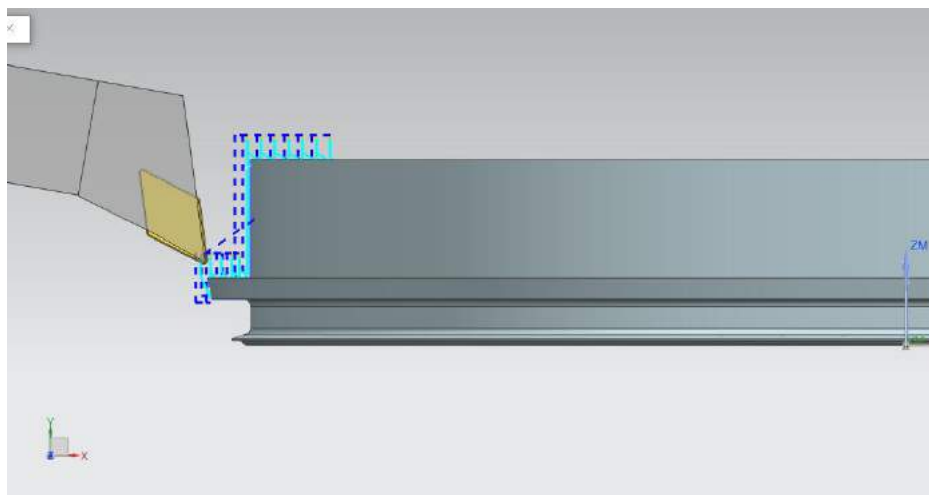


Рисунок 1.13 – Деталь та інструмент

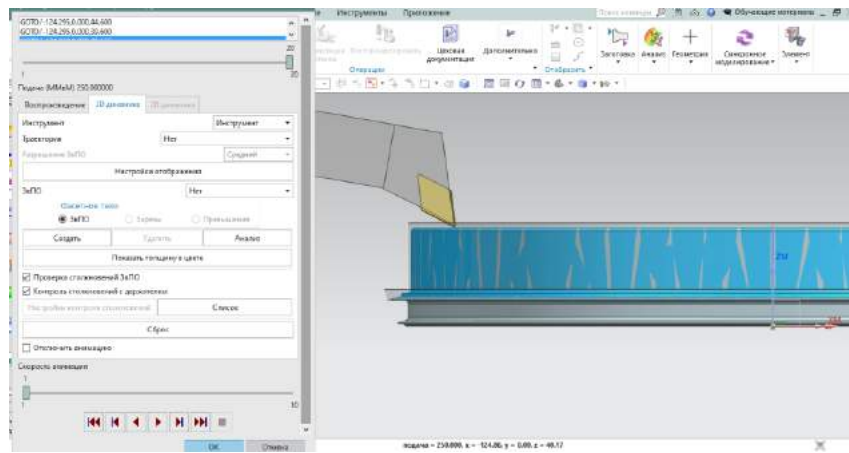


Рисунок 1.14 –Оброблена деталь

Останнім кроком розробки технологічних операцій є постпроцесування операції. Частина програми токарної операції зображена на рис 1.15

```

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G97 S0 M04
N0050 G94 G00 G90 X-5.999 Z.7503
N0060 G92 S0
N0070 G96 M04
N0080 G01 Z.7188 F9.8
N0090 Z.6007
N0100 X-5.9094 Z.3937
N0110 Z.3622
...
N1740 G00 X-5.0504
N1750 Z1.7874
N1760 X-4.8935
N1770 G01 Z1.7559
N1780 Z1.5591
N1790 X-4.9158 Z1.5813
N1800 M02
%

```

Рисунок 1.15 – Постпроцесування токарної операції

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Початковим кроком розробки свердлильної операції є заповнення полів режимів обробки деталі згідно розрахунків режимів різання свердлильної операції. На рис. 1.16- показано траєкторію руху інструменту , на рис. 1.17 - деталь та інструмент та на рис. 1.18 - оброблена деталь.

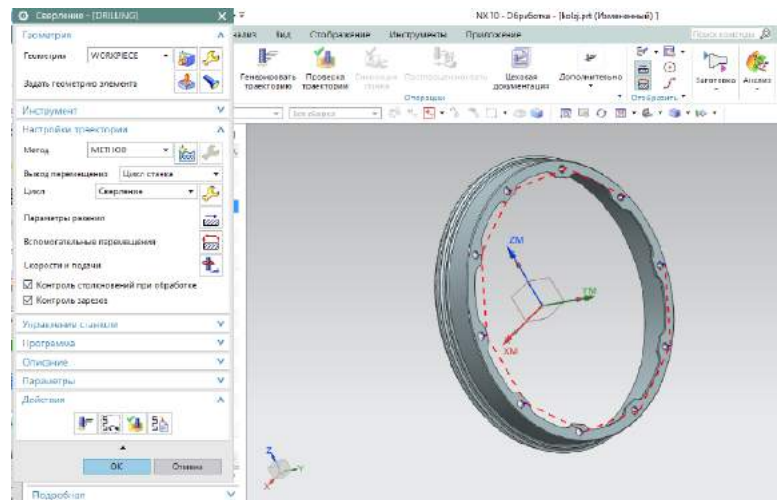


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху інструменту

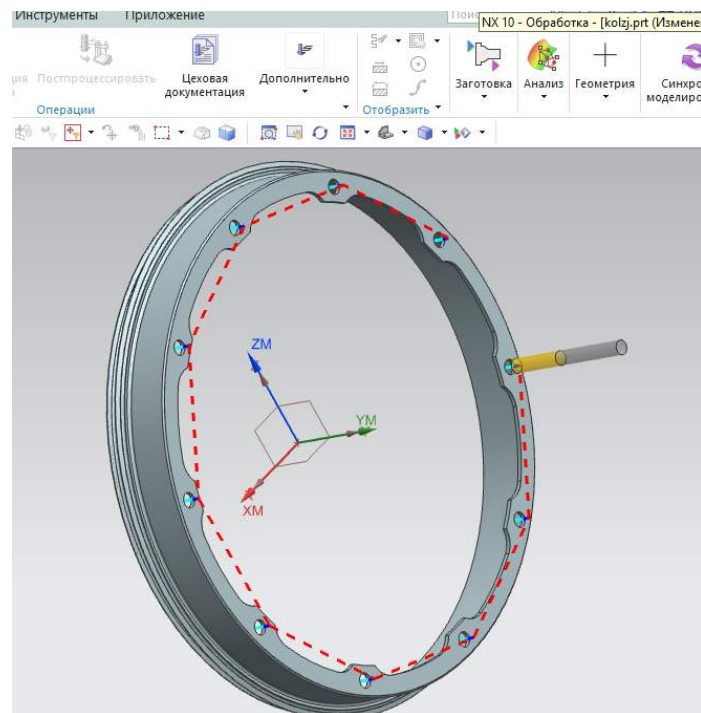


Рисунок 1.17 – Деталь та інструмент

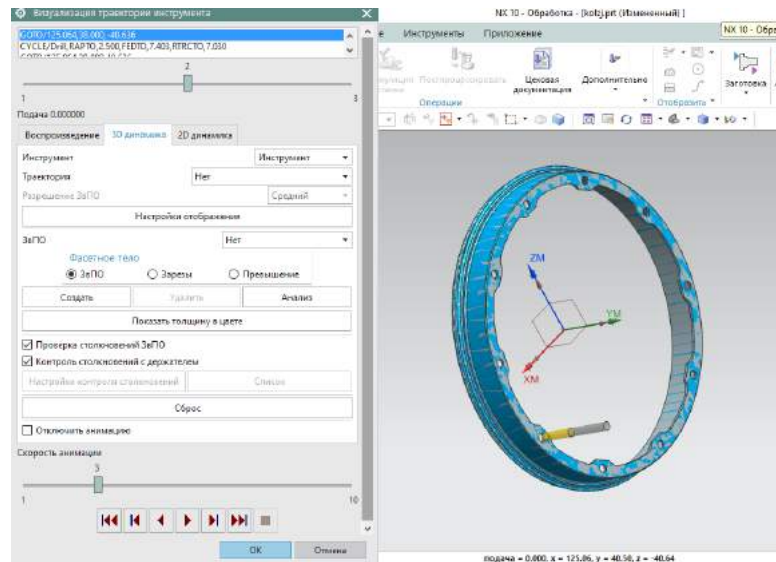


Рисунок 1.18 –Оброблена деталь

Останім етапом розробки технологічних операцій є постпроцесування операції. Частина програми свердлильної операції зображена на рис 1.19.

```

Файл  Правка  Вид  Настройки  Справка
%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G12.1
N0050 G94 G0 G90 X-4.9238 Y1.5945 C0.0 S0 M03
N0060 G43 Z-1.5014 H00
N0070 G81 Z-1.8913 R-1.5014 F9.8
N0080 X-3.0431 Z-4.4799 R-4.09
N0090 X0.0 Z-5.4686 R-5.0787
N0100 X3.0431 Z-4.4799 R-4.09
N0110 X4.9238 Z-1.8913 R-1.5014
N0120 Z1.3084 R1.6983
N0130 X3.0431 Z3.8969 R4.2868
N0140 X0.0 Z4.8857 R5.2756
N0150 X-3.0431 Z3.8969 R4.2868
N0160 G81 X-4.9238 Y1.4961 Z1.3084 R1.6983
N0170 G80
N0180 M02
%
```

Рисунок 1.19 – Постпроцесування свердлильної операції

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Стартовим кроком розробки фрезерної операції є заповнення полів режимів обробки деталі згідно розрахунків режимів різання фрезерної операції. На рис. 1.19 - показано траєкторію руху інструменту , на рис. 1.20 - деталь та інструмент та на рис. 1.21 - оброблена деталь.

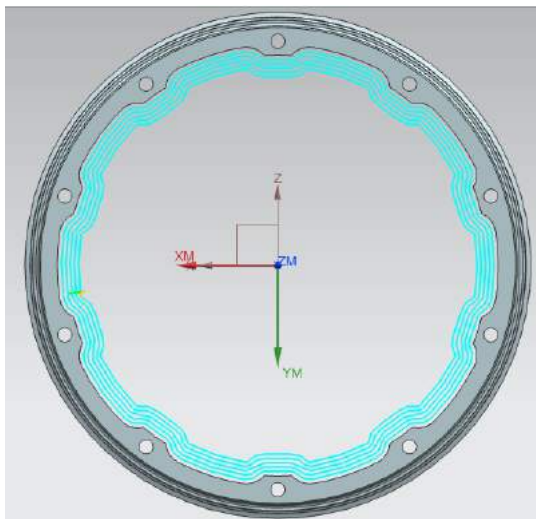


Рисунок 1.19 – Траєкторія руху інструменту

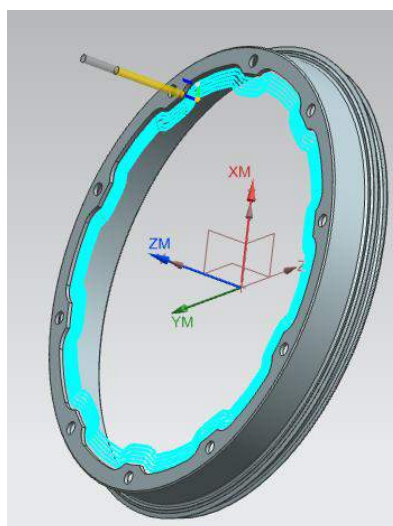


Рисунок 1.20 – Деталь та інструмент

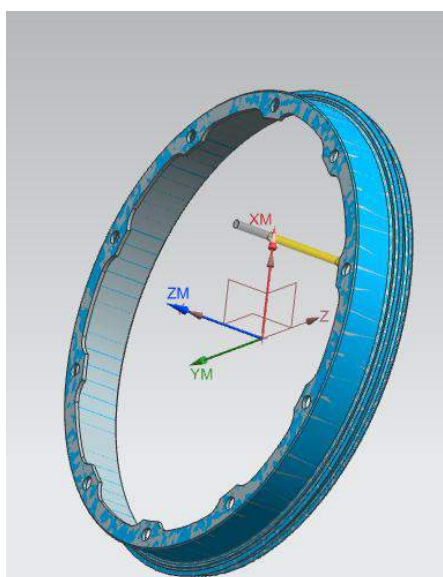


Рисунок 1.21 – Оброблена деталь

Фінішним кроком розробки технологічних операцій є постпроцесування операції. Частина програми токарної операції зображена на рис 1.22.

```

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G12.1
N0050 G94 G0 G90 X4.5079 Y0.0 C7.669 S0 M03
N0060 G43 Z1.8898 H00
N0070 Z1.5157
N0080 G1 Z1.3976 F9.8 M08
N0090 X4.613
N0100 X4.6062 C8.889
N0110 X4.6048 C9.038
N0120 X4.5985 C9.167
...
N8000 X5. C7.605
N8010 X4.9016
N8020 Z1.5157
N8030 G0 Z1.8898
N8040 M02
%
```

Рисунок 1.22 – Постпроцесування фрезерної операції

Впровадження системи NX CAM дозволяє підприємству підвищити продуктивність і ефективність устаткування, скоротити його простої, усунути помилки в УП, підвищити якість обробки. NX CAM має комплекс функцій для перевірки вірності керуючої програми на робочому місці технолога. Поломка обладнання дорого коштує підприємству, тому виробники витрачають багато часу на перевірку програм на верстаті. Цей етап можна виключити, надав задачу по верифікації обробки та імітаційному моделюванню на сучасне САМ-рішення [15].

2 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Детально вивчивши конструкцію деталі було встановлено, що для поліпшення якості обробки та збільшення кількості одночасно оброблюваних деталей пропонується використання кондуктору для свердлильної операції. Застосування кондуктора дозволяє надійно базувати і закріплювати оброблювану деталь зі збереженням її жорсткості в процесі обробки, підвищити продуктивність і полегшити умови праці робочого в результаті механізації пристосувань. Завдяки цьому пристрою виконуються свердління 10-ти отворів $\varnothing 8,5$ мм.

Принцип дії: кільце встановлюється на нижню опорну площину 3, яка є установчою базою, після чого верхня плита кондуктора 4 під дією пневмопривода з діафрагмою через шток плавно переміщається вниз притискає деталь. Закріплення деталей для подальшої їх обробки на верстаті виконується таким чином: стисле повітря від мережі через приймач по отвору в корпусі подається у верхню робочу частину пневмоциліндра. Повітря давить на поршень поз. 8 і поршень з штоком 7 опускається вниз, так і відбувається закріплення деталей в пристосуванні.

Після закінчення обробки проводиться розкріплювання деталей, яке виконується наступним способом: стисле повітря з робочої частини пневмоциліндра стравлюється в атмосферу, після цього перемикають руків'я розподільного пристрою і стисле повітря потрапляє в нижню частину пневмоциліндра, яке тисне на поршень і поршень зі штоком піднімається. Разом з штоком піднімається і важіль з тягою, яка примушує підніматися гайку, що затискала прихват і відпускає верхню кришку, яка затискала деталь.

2.1.2 Вибір схеми базування і розрахунок похибки встановлення

Деталь встановлюється на нижню опорну поверхню з упором в торець. Нижня площина є установчою базою та лишає заготовку трьох ступенів свободи. Внутрішня циліндрична поверхня подвійною опорною базою та лишає заготовку двох ступенів свободи. Схема базування не повна, вказана на рис. 2.1. Шоста ступінь волі порушиться при затиску.

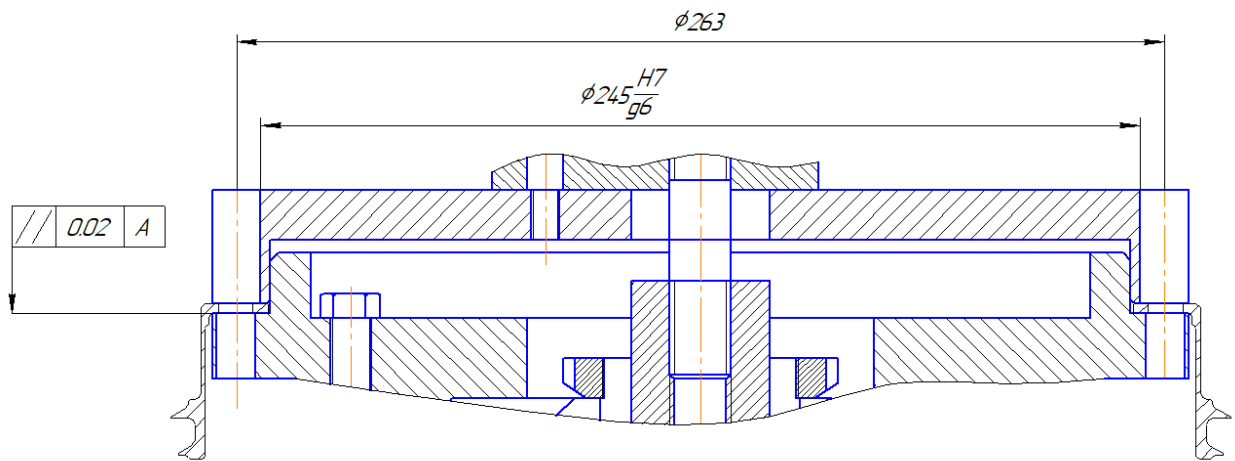


Рисунок 2.1 – Схема встановлення деталі в пристосуванні

При встановленні деталі в пристрій виникає похибка встановлення через неточності виготовлення установчих елементів та затискних елементів пристрою, а також неточності розмірів оброблюваної деталі при виконанні попередніх операцій.

Похибка встановлення ε_v , мм розраховується за формулою:

$$\varepsilon_v = \varepsilon_\delta + \varepsilon_z \quad (2.1)$$

де ε_δ – похибка базування, мм;

ε_z – похибка закріплення яка виникає внаслідок прикладання сил затиску, мм.

Визначаємо похибку базування ε_δ при схемі встановлення заготовки на жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю по формулі:

$$\varepsilon_\delta = \frac{S_{\max}}{2}, \quad (2.2)$$

де S_{\max} – максимальний зазор, мм.

Максимальний зазор розраховується по формулі:

$$S_{\max} = T_o + T_n + 2\Delta \quad (2.3)$$

де T_n – допуск пальця, мм;

T_o – допуск отвору, мм;

2Δ – гарантований зазор, мм.

$$S_{\max} = 0,12 + 0,019 + 0,01 = 0,149 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{0,149}{2} = 0,0745.$$

Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки напрям сили затиску і розміру обробки взаємно перпендикулярні $\varepsilon_3 = 0$.

Розраховуємо похибку встановлення ε_{σ} , мм за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,0749 + 0 = 0,0749$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Верстатні пристосування є однією з ланок системи ВПД (Верстат - Пристосування - Інструмент - Деталь). В умовах обробки на налагоджених верстатах точність обробки заготовки залежатиме від точності виготовлення пристосування і поведінки системи ВПД в процесі обробки.

Розрахунок полягає у визначенні виконавчих розмірів осей кондукторних втулок і допусків на ці розміри. На рис. 2.2 наведена розрахункова схема.

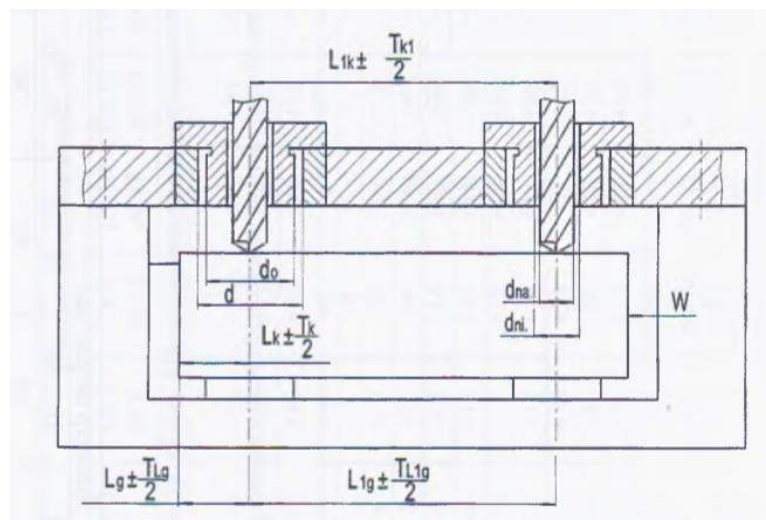


Рисунок 2.2 – Схема настройки інструменту при свердлінні

Визначаємо номінальні розміри між осями кондукторних втулок. Так як допуски на оброблені отвори задаються симетрично, то

$$L_k = L_d; L_{lk} = L_{ld}.$$

Визначаємо допуск на виготовлення пристосування T_n по формулі:

$$T_H \leq T_{\text{обр}} - k_p \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + (k_2 \cdot w)^2} \quad (2.4)$$

де $T_{\text{обр}}$ – допуск на розмір обробки;

$T_{\text{обр}} = 0,12$ [7, табл. 5.2, с. 63];

k_p – коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу;

$k_p = 1 \dots 1,2$ [7, табл. 5.2, с. 63];

k_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування в слідство того, що установчий елемент в пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко рівні граничним;

$k_1 = 0,8 \dots 0,85$ [7, табл. 5.2, с. 63];

k_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибці, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування;

$k_2 = 0,6 \dots 0,65$ [7, табл. 5.2, с. 63];

$w = 0,1$ – середня економічна точність обробки [7, табл. 5.2, с. 63].

$$T_H \leq 0,12 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0,0749)^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2}.$$

$$T_H \leq 0,05 \text{ мм.}$$

Оскільки $T_H \leq \varepsilon_6$, $0,05 \leq 0,0749$, то при обробці в даному пристосуванні витримується розмір обробки. Розрахунок на точність пристосування виконується.

2.1.4 Розрахунок необхідних сил затиску в пристосуванні

Конструкція кондукторів передбачає розподіл сил закріплення заготовки між опорною і затискною поверхнею. У такому варіанті розрахунку сили тертя розподіляється між нижньою опорною поверхнею і верхньою затискною поверхнею кондукторної плити.

Якщо кілька отворів свердлять одночасно, розрахунок M_p проводять з використанням поняття неврівноваженої радіальної сили ΔP .

$$M_p = \frac{D_0}{2} \cdot \Delta P \cdot n, \quad (2.5)$$

де $D_0 = 81 \text{ мм}$ – відстань між отворами,

$n = 2$ – кількість одночасно робочих отворів.

Знаходимо осьову силу P_o по формулі:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{qp} \cdot S^{yp} \cdot k_p, \quad (2.6)$$

де C_p – коефіцієнт, який враховує вплив оброблюваного матеріалу [3, с. 121];

$$C_p = 68, qp = 1,0, yp = 0,7;$$

D – діаметр свердла, мм;

S – подача, мм/об.

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8.5 \cdot 0.25^{0.7} \cdot 1.19 = 2606 \text{ Н.}$$

Знаходимо невірноважену радіальну силу ΔP по формулі:

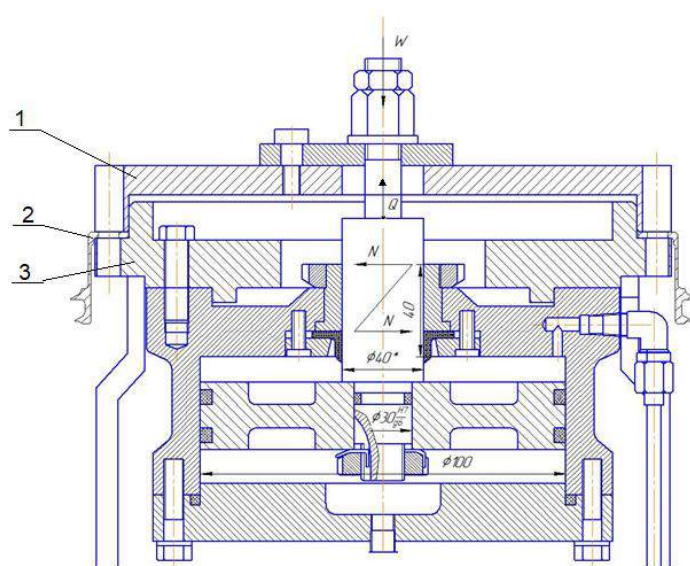
$$\Delta P = 0,0153 \cdot (1 - k) \cdot P_o, \quad (2.7)$$

де $k = 0,5$ - так як свердла мають дві ріжучі кромки [3, с. 132];

$$\Delta P = 0,0153 \cdot (1 - 0,5) \cdot 2606 = 19,94 \text{ Н.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (2.5):

$$M_p = \frac{81}{2} \cdot 19,94 \cdot 2 = 1615,2 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$



1 – верхня плита кондуктора ; 2 – заготовка; 3 – нижня опорна плита

Рисунок 2.3 – Схема пневмоциліндра для визначення сили на штоці

Проводимо розрахунок сили затиску :

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot M_p}{f \cdot d_{ca}} \cdot \left| \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right| - P_o, \quad (2.8)$$

де $f = 0,17$ - коефіцієнт тертя ($f = 0,16 \dots 0,18$)

$D = 278$ мм

$d = 247$ мм

k - коефіцієнт запасу закріплення,

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.9)$$

де k_0 - гарантійний коефіцієнт запасу, $k_0 = 1,5$ [7, с. 34];

k_1 - враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірний припуск на заготовці і враховується тільки для чорнових переходів, $k_1 = 1$ [7, с. 34];

k_2 - враховується у всіх випадках обробки, і залежить від виду оброблюваного матеріалу і нерівномірності зносу ріжучого інструменту, $k_2 = 1$ - [7, с. 34];

k_3 - враховує умови переривчастого виду обробки, $k_3 = 1$ - в умовах плавного різання [7, с. 34];

k_4 - характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску,

$k_4 = 1$ - для пневматичних приводів [7, с. 34];

k_5 - характеризує ручні затискачі з точки зору закріплення деталі, $k_5 = 1,0$ - для ексцентрикових затискачів [7, с. 34];

$k_6 = 1,5$ - для суцільних опор (опорне кільце).

Виконуємо розрахунки за формулою (2.9):

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,25.$$

Виконуємо розрахунки за формулою (2.8):

$$W = \frac{2 \cdot 2,25 \cdot 1615,2}{0,17 \cdot 8,5} \cdot \left| \frac{278^3 - 247^3}{278^2 - 247^2} \right| - 2606 = 2030 \text{ Н}.$$

2.1.4 Розрахунок сили на штоці пневмоциліндра

Виходячи з того що, сила затиску W і сила Q на штоці знаходяться на одній осі, то вони однакові. Розрахункова схема прихвату показана на рис. 2.3.

$$W = Q = 2030 \text{ Н.}$$

Розраховуємо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (2.10)$$

де p – тиск стислого повітря, $p = 0,4$ МПа;
 η – коефіцієнт корисної дії, враховує тертя $\eta = 0,85$.

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 2030}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 92,3 \text{ мм.}$$

По [7, с. 141] коректується діаметр циліндра, приймається ближче більше значення: $D_u = 100$ мм, діаметр штока $d_{ш} = 30$ мм.

Зусилля на штоці пневмоциліндра при прямому Q , Н та зворотньому $Q_{зх}$, Н ході по формулам:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rho \cdot \eta. \quad (2.11)$$

$$Q_{зх} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \rho \cdot \eta. \quad (2.12)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} 0,4 \cdot 0,85 = 2162 \text{ Н.}$$

$$Q_{зх} = \frac{3,14 \cdot (100^2 - 30^2)}{4} 0,4 \cdot 0,85 = 1922 \text{ Н.}$$

Сила затиску на штоці вибраного пневмоциліндра більша за розраховану, отже пневмоциліндр вибрано вірно.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування

Докладно вивчивши конструкцію деталі «Кільце лабіринтне переднє» було встановлено, що для контролю якості обробки деталі пропонується використання пристрою для контролю биття. Завдяки цьому пристрою виконується контрольна операція перевірки радіального биття для внутрішньої поверхні деталі «Кільце лабіринтне переднє» відносно бази В (рис. 2.4).

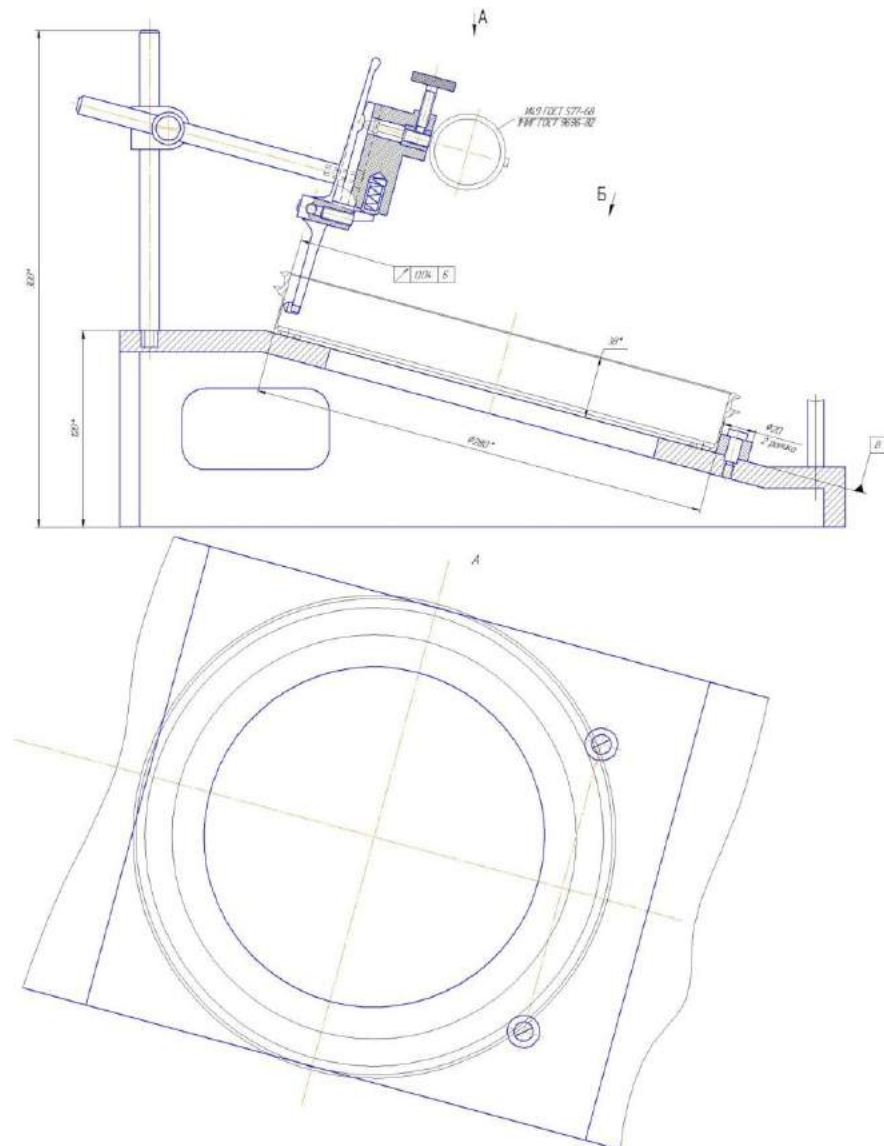


Рисунок 2.4 - Схема контрольного пристосування

Дане контрольне пристосування являє собою пристосування стаціонарного типу, що вимірює за допомогою індикаторних часів радіальне биття.

Принцип роботи пристосування: деталь встановлюється під кутом на два ролики:

- наконечник зі сферичною голівкою - для вимірювання биття.

Упор встановлюється в державку поз. 9, яка під дією пружини здійснює зворотний рух, тобто підтискання шліц. Відведення упору здійснюється за допомогою впливу на важіль поз.8. З протилежного боку від упору розташований вимірювальний наконечник, який за допомогою важеля діє на шток індикаторних годин. По напрямних державка з індикатором може переміщатися паралельно осі центрів.

Шляхом послідовного повертання деталі ми робимо контроль радіального биття.

При виконанні вимірювання очікувана похибка вимірювання не повинна перевищувати заданого на даний геометричний параметр допуску.

2.2.2 Вибір засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання починається з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійних характеристик, якими має володіти засіб вимірювання.

Допустима похибка вимірювання контрольньо-вимірювального пристосування знаходиться по ГОСТ 8.051-81 (СТ СБ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина допуску контрольованого параметра (допуску радіального биття розміру $\varnothing 278 h_{10} (+0,21)$ відносно бази В на величину 0,02 мм).

Визначаємо допустиму похибку засобом вимірювання (інструментальну похибку) за формулою:

$$|\delta_{вим}| = k \cdot T_K, \quad (2.13)$$

де k – коефіцієнт, залежить від квалітету або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35. Для нашому випадку приймаємо $k = 0,2$;

T_K - допуск на розмір контрольованої поверхні, вказаний на кресленні деталі і дорівнює 0,025 мм.

$$|\delta_{вим}| = 0,2 \cdot 0,025 = 0,005 .$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 (СТ СБ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» [с. 118-120, табл. 4.1] рекомендується прийняти:

$$|\delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму похибку засоби вимірювання (інструментальну похибку):

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot |\delta_{вим}| . \quad (2.14)$$

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot 0,001 = 0,0007 \text{ мм.}$$

Ціна поділки визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ, приймаємо $|\Delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм}$.

Інтервал поділки шкали А беремо 2 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показання ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП і перш за все освітленість.

Межа вимірювання за шкалою А повинна перевищувати допуск, щоб зняття показання не викликало труднощів.

$$|A| = 4 \cdot T_{\kappa} , \quad (2.15)$$

$$|A| = 4 \cdot 0,025 = 0,1 \text{ мм}$$

Межа вимірювань кошти (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Приймаємо $|B| = 2 \text{ мм}$.

Вимірювальне зусилля P_{yc} обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на цю

величину відсутня, приймаємо $|P_{yc}| = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля приймаємо $\Delta P_{yc} = 1 \text{ Н}$.

Основним нормованим показником надійності засоби вимірювання є напрацювання до першої відмови. Відповідно до ГОСТ 23642-79 «Надежность в технике. Нормируемые показатели надежности. Правила задания в стандартах и конструкторских документах» приймаємо кількість циклів вимірювань, що забезпечують задану кількість контрольних операцій:

$$[t(P)] = 2 \cdot N . \quad (2.16)$$

$$[t(P)] = 2 \cdot 5000 = 10000 .$$

Ймовірністю безвідмовної роботи задамося $|P| = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної галуззю машинобудування.

На підставі виконаних розрахунків по ГОСТ 9696-82 «Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия» вибираємо в якості засобу вимірювання індикаторні годинник моделі 2МИГ-1. Даний прилад зображений на (рис. 2.5). Обраний засіб вимірювання характеризується наступними параметрами:

- похибка вимірювання = 0,001 мм;
- найбільше вимірювальне зусилля = 1,5 Н;
- коливання вимірювального зусилля = 0,5 Н;
- межа вимірювання за шкалою [А] = 0,1 мм;
- межа вимірювання за шкалою [Б] = 0 - 2 мм; - гранична кількість циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи 0,85, $t(P) = 10000$.

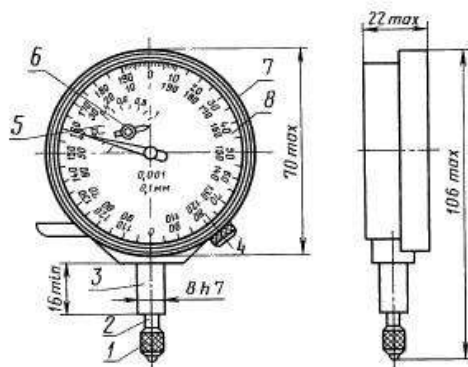


Рисунок 2.5 – Ескіз індикатора багатооборотна моделі 2МИГ-1

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються. Інші ЗВ мають надлишкову точністю з меншою надійністю. Тому для нашого КВП найбільш підходящим вважаємо індикатор багатооборотний моделі 2МИГ (ГОСТ 9696-82, завод-виготовлювач ЛІЗ). Ескіз обраної для важеля зубчастої вимірювальної головки представлений на (рис. 2.6). Габаритні розміри індикатора: $l \times d \times b = 108 \times 42 \times 42$, маса 0,2 кг., Стандарт на перевірку обговорений ГОСТ-ом 9696-82.

Головка індикатора виконана вилитим силуміновим корпусом, в латунних платах розташований вимірювальний механізм, що складається з трьохважельного синусно-кулісного механізму і одноступінчастої зубчастої передачі. Сталевий вимірювальний стрижень, оснащений вимірювальним наконечником, рухається в сталевий направляючої втулці, запресованої в корпусі. Вимірювальне зусилля забезпечується двома пружинами. Для підвищення точності і надійності вимірювань, наконечник вимірювального приладу забезпечений вставкою з твердого сплаву рис. 2.6.

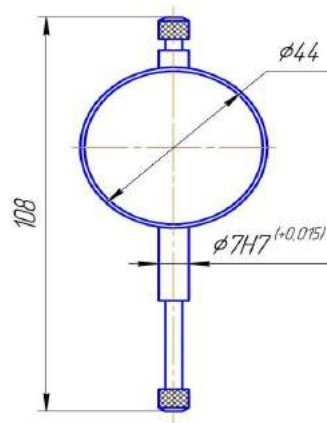


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри індикатора багатообертового моделі 2МИГ-1

2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань

Допустима сумарна похибка вимірювань розраховується по формулі:

$$\Delta_{вим} = \frac{l}{\square} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2 + \Delta_8^2}, \quad (2.17)$$

де $k = 0,85$ - коефіцієнт відносного розсіювання;

Δ_1 – похибка базування і закріплення, $\Delta_1 = 0$, оскільки співпадають технологічна і вимірювальна бази для вимірюваного параметра;

Δ_2 – частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування;

Δ_3 – частина похибки конструкції пристосування;

Δ_4 – Похибка, яка залежить від ціни поділу індикатора годинникового типу; приймаємо $\Delta_4 = 0,001$;

Δ_5 – похибка настройки пристосування по еталону; так як контролюємо похибку форми, а не допуск на розмір, то еталон не використовується, приймаємо $\Delta_5 = 0$;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій;

Δ_7 – похибка від температурних деформацій.

Δ_8 – співвісність центрів, мм.

Частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування розраховується по формулі:

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot a, \quad (2.18)$$

де a - відхилення обробленої поверхні щодо бази.

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125 \text{ мм.}$$

Частина похибки конструкції пристосування розраховується по формулі:

$$\Delta_3 = (0,07 \dots 0,1) \cdot a, \quad (2.19)$$

$$\Delta_3 = 0,085 \cdot 0,0125 = 0,01 \text{ мм.}$$

Похибка від контактних деформацій розраховується по формулі:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}}, \quad (2.20)$$

де k - коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника для загартованої сталі приймається 0,81;

r - радіус вершини наконечника, приймається 5 мм;

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{0,5}} = 0,26 \text{ мкм.}$$

Похибка від температурних деформацій Δ_7 розраховується за формулою

$$\Delta_7 = l \cdot \alpha \cdot (t_1^0 - t_2^0), \quad (2.21)$$

де α - коефіцієнт лінійного розширення матеріалів вимірювального об'єкта і вимірювального засобу;

l - довжина щупа, який здійснює контакт важеля з деталлю, приблизно дорівнює 25 мм;

t_1, t_2 - температури відповідно вимірюваного об'єкта і наконечника; приймається $t_1 = 25^\circ, t_2 = 20^\circ$.

$$\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{C^\circ}.$$

$$\Delta_7 = 25 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 20) = 0,0016 \text{ мм.}$$

$$\Delta_8 = 0,005 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{вим}} &= \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{0^2 + 0,0125^2 + 0,01^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,00026^2 + 0,0016^2 + 0,005^2} = \\ &= 0,000145. \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{вим}} = 0,000145 \leq [\Delta_{\text{вим}}] = 0,0007.$$

Зіставивши фактичну сумарну похибку з допустимою робимо висновок, що умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Методи та засоби контролю

До вимірювання лінійних і кутових розмірів в машинобудуванні зводиться близько 80% всіх вироблених вимірювань. З використанням цих методів проводяться вимірювання таких фізичних величин: механічне напруження, сила, момент сили, тиск, параметри руху [9].

В основу цих методів покладено перетворення зазначених величин в кутові або лінійні переміщення вимірювальних перетворювач. Крім того, вихідною величиною всіх аналогових вимірювальних приладів є кутові або лінійні переміщення покажчика показує або реєструючого приладу.

Сучасна практика вимірювань лінійних і кутових величин вимагає відтворення розмірів від 10^{-15} до 10^{23} м. Тому всі вимірювальні системи (ІС) і прилади, розбиті на наступні групи [9]:

1. ІС для відтворення і вимірювання над малих довжин і переміщень (менше 10^{-10} м) (створення еталонів довжини, вимірювання товщини мономолекулярних плівок, розробка засобів вимірювань дуже малих сил, близько 10^{-12} Н, детектування гравітаційних хвиль, дослідження структури речовин).

2. ІВ для вимірювання лінійних розмірів від 0.01 мкм до десятків метрів і кутових розмірів від 1 до 360° (вимірювання розмірів деталей, вузлів і виробів, вимірювання параметрів шорсткості, товщини покриттів).

3. ІС для визначення координат об'єктів і відстані між об'єктами від 1 м до сотень км.

За фізичним ефектом, що лежить в зоні контакту, вимірювальні системи і методи поділяються на [9]:

- контактний;
- неконтактні.

Залежно від фізичного ефекту, що лежить в основі перетворення сигналу, методи і засоби поділяються на:

1. Механічні (лінійка, штангенциркуль).
2. Електромеханічні (резистивні, індуктивні, ємнісні, оптоелектронні).
3. Електрофізичні (електрокондуктометричні, теплокондуктометричні, магнітні, електромагнітні).
4. Спектрометричні (звукові, ультразвукові, радіохвильові, СВЧ, оптичні (лазерні), рентгенівські, локаційні, інтерферометричні, рефрактометричні, доплерівсько).

Вимірювальні системи зазвичай носять назву з двох слів:

1. Призначення приладу;
2. Фізичний ефект, покладений в основу методу.

За призначенням вимірювальні засоби бувають [9]:

- мікрометри;
- мініметри;
- товщиноміри;
- профілометри;
- рівнеміри;
- глибиноміри.

ІС першого типу засновані на перетворенні вимірюваної величини в лінійне або кутове переміщення вимірювального покажчика.

3.2 Датчики для здійснення контролю

Найбільш широке застосування в вимірювальних системах отримали електричні датчики. Найпростішими серед них є електроконтактні датчики, що здійснюють контроль граничних розмірів виробу [8].

Контактні вимірники можна розбити на дві групи: з переміщенням контактів, рівним переміщення вимірювального штока, і з переміщенням контактів, збільшеним в порівнянні з переміщенням вимірювального штока-важільні.

У важільних вимірювальних головках завдяки механізмам, що збільшує переміщення контактів, погрішності, що залежать від стану контактів і їх налаштування, зменшуються пропорційно передавальному відношенню. Отже, точність контролю важільними вимірювачами при інших різних умовах вище, ніж без важільними [8].

Датчики можуть бути швидко налаштовані за зразком деталі, величина контрольованого розміру якої повинна бути атестована, або за індикатором.

Електроконтактні датчики є найбільш простими і тому частіше за інших використовуються для контролю граничних розмірів виробу. Однак більшість схем з електро контактними датчиками не дають можливості визначити дійсний розмір виробу. Індуктивні, ємнісні, пневматичні і ряд інших типів датчиків цього недоліку не мають [8].

Принцип дії індуктивних датчиків полягає в перетворенні лінійного переміщення в зміну індуктивності котушки датчика. Контактні індуктивні

датчики, що використовуються для вимірювання лінійних розмірів, виконуються простими або диференціальними.

Механотрон-електровакуумний прилад, в якому управління електронним або іонним струмом проводиться безпосередньо механічним переміщенням електродів. Механотрони призначені для перетворення механічних величин (переміщень, зусиль, прискорень, вібрацій тощо) в електричні сигнали і використовуються в якості датчиків в різних вимірювальних пристроях. Механотрон перетворює лінійне переміщення (зміна розміру) безпосередньо в зміну анодного струму і одночасно посилює цей струм [8].

В якості чутливих елементів в пневматичних приладах низького тиску використовуються водяний манометр і мембрана, в приладах високого тиску – мембрана, сильфон, манометр.

Вимірювальні пристрої на базі лазерного випромінювання – лазерні інтерферометри – в даний час широко використовуються в системах автоматичного контролю. В основі вимірювань лежить явище інтерференції світлових хвиль.

Лазерні інтерферометри мають ряд переваг. Висока чутливість до Положення об'єкта щодо пучка світла забезпечує високу поздовжню просторову роздільну здатність (до одиниць мікрометрів). Фокусування лазерного пучка в пляму малих розмірів забезпечує високу поперечну просторову роздільну здатність (одиниці мікрометрів). Монохроматичне випромінювання лазерного джерела світла дозволяє порівнювати вимірювані геометричні параметри об'єктів безпосередньо з довжиною хвилі використовуваного лазера як мірою довжини, що забезпечує високі метрологічні властивості [8].

Крім того, лазерні інтерферометри характеризуються відсутністю зносу (метод вимірювання є безконтактним), швидкодією, виходом на цифровий відліковий пристрій і на друк, можливістю автоматичного введення поправок на зміну зовнішніх умов вимірювання.

Без будь-яких особливих змін лазерний інтерферометр може бути використаний для безконтактного і неруйнівного контролю:

- макроформи і шорсткості поверхні різних об'єктів;
- вібрацій об'єктів, що мають складну форму і негладкі (шорсткі) поверхні;
- параметрів шаруватих, оптично прозорих, в тому числі розсіюють, об'єктів промислового та біологічного походження.

3.3 Пристосування для контролю тонкостінності

Пристосування призначено для контролю тонкостінності деталі та визначення бракованих та годних деталей. Принцип дії: деталь «Кільце лабіринтне переднє» встановлюється на призму з резиновими підкладками для того щоб, деталь не ковзала. Для більш точного встановлення деталі є упор біля призми. Призма з упором базується на плиті, на яку кріпиться стійка для встановлення електроконтактного датчика. Для виміру деталі на плиту встановлюється пристрій, який з'єднується з датчиком. До деталі підводиться електроконтактний датчик двограничний і пристосування підготовлене до роботи.

За допомогою датчика перевіряємо тонкостінність деталі в 10 точках. Ці точки розташовані по осях десяти отворів. При роботі електроконтактного датчика ми визначаємо деталь на дефект поправний, придатну деталь і дефект не виправний. Структурна система показана на рис. 3.1.

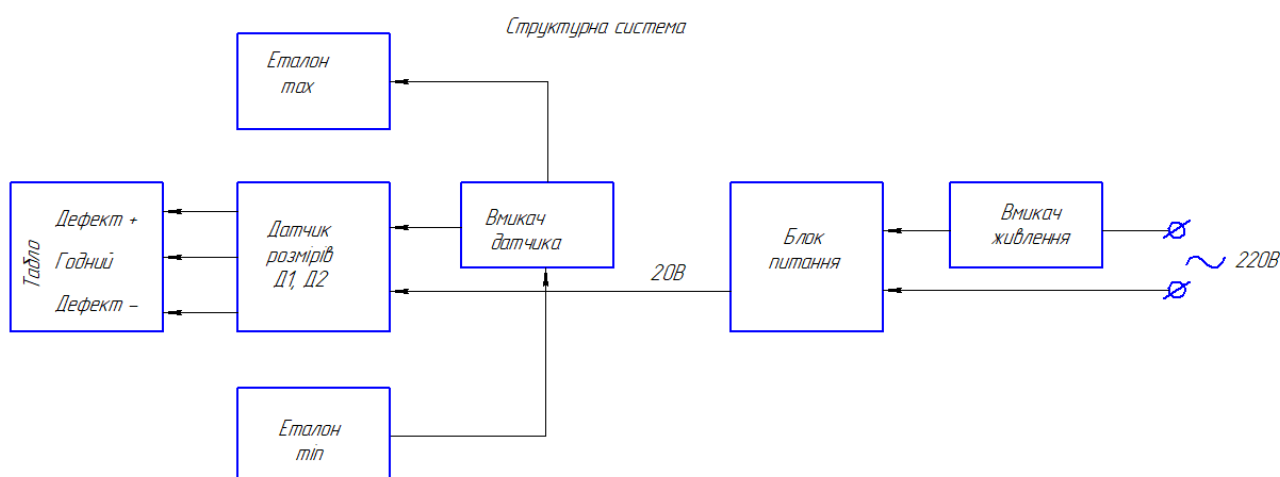


Рисунок 3.1– Структурна система

Датчик за допомогою еталонної деталі може бути налаштований на подачу сигналів "брак +" або " брак -". У першому випадку контакт датчика буде замикатися при вимірюванні деталей з розмірами, рівними або більшими, ніж у зразковою деталі. У другому випадку контакт датчика розмикається, якщо розмір деталі дорівнює або менше розміру зразкової деталі. Розмикання і замикання контакту датчика відбувається практично при нульовому перепаді тиску на мембрані.

Дія засобів вимірювань з електричним перетворенням, застосовуються для вимірювання лінійних розмірів, засноване на вимірі характеристик

електричного струму або фіксації виробляється аналогового сигналу при зміні розміру або відхилення форми поверхні вимірюваної деталі [9].

Первинний двограничний електроконтактний перетворювач інакше називається датчик двограничний електроконтактний (рис. 3.2).

Такі датчики мають вимірювальний стрижень 2 з наконечником 1, рух яких передається важеля 5 з двома рухомими контактами. Важіль 5 гойдається на опорі 6. Над рухомими контактами важеля розміщені два переставних контакту 3 з мікрометричними барабанами 4, за шкалами яких відраховується величина необхідного зміщення контакту при установці приладу на межі вимірювання. При переміщенні стрижня 2, в залежності від розміру вимірюваної деталі, гойдається важіль 5 і розмикання лівого (від спостерігача) контакту подає сигнал про зменшення дійсного розміру проходить під наконечником деталі нижче найменшого граничного розміру. Якщо ж дійсний розмір деталі викличе замикання правого контакту, то це сигнал про перевищенні найбільшого граничного розміру [9].

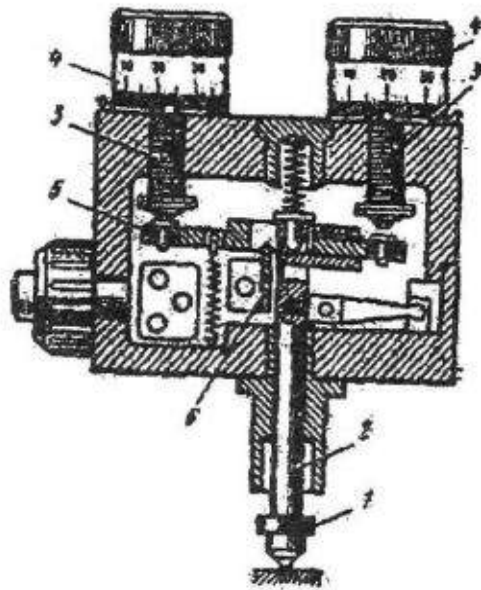


Рисунок 3.2. - Перетворювач (датчик) електроконтактний двограничний

За допомогою такого перетворювача-датчика сортують деталі за розмірами на три групи: придатні, дефект малий і дефект великий.

У деяких конструкціях електроконтактних датчиків на корпусі закріплюються відлікові вимірювальні головки. Така граничні датчики об'єднують в собі властивості граничної і відлікової вимірювальної головки.

Датчики електроконтактні двотижневі застосовують в пристроях для автоматизації вимірювань або контролю лінійних розмірів деталей в масовому виробництві машин або інструментів [9].

Таким чином в сучасній практиці найбільш широке застосування в вимірювальних системах отримали електричні датчики. Найпростішими серед них є електроконтактні датчики, що здійснюють контроль граничних розмірів виробу. За допомогою пристроїв з електро контактними датчиками може здійснюватись контроль при обробці деталей, їх сортування на групи в залежності від дійсного розміру, контроль похибок форми і т.д. В залежності від призначення електроконтактні датчики випускаються односторонніми, двосторонніми і багато граничні [8].

Датчики електроконтактні двосторонні застосовують в пристроях для автоматизації вимірювань або контролю лінійних розмірів деталей в масовому виробництві машин або інструментів.

Таким чином використання даного пристосування в технологічному процесі оброблюваної деталі « Кільце лабіринтне переднє » дозволяє зменшити час, відведений для контролю, що в свою чергу, зменшує собівартість процесу виготовлення деталей.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Деформація розглянутих тонкостінних деталей при їх токарній обробці досліджується моделюванням в середовищі звичайно-елементного програмного комплексу NX CAM, відповідно до прийнятих припущень і обмежень [15].

Моделювання включає два етапи:

- визначення деформації від сил закріплення: введення вихідних даних, вибір типу завдання вибір типу елемента, завдання властивостей матеріалу, побудова геометрії в циліндричній системі координат, розбиття моделі на кінцеві елементи, додаток сил закріплення;

- визначення деформації від сумарного впливу сил закріплення і сил різання: додаток сил різання до деталі з початковими зміщеннями від закріплення, побудова діаграми сумарного векторного переміщення, отримання максимального переміщення.

Результати моделювання деформації від положення точок прикладення технологічних навантажень силою різання і показані - на рис. 4.1, а на рис 4.2, 4.3 – показано результат розрахунків.

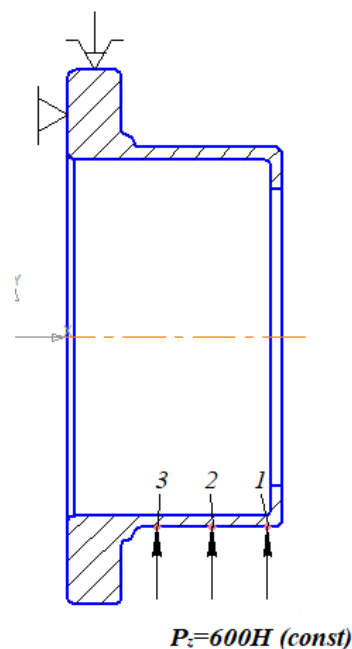


Рисунок 4.1 – Схема навантажень

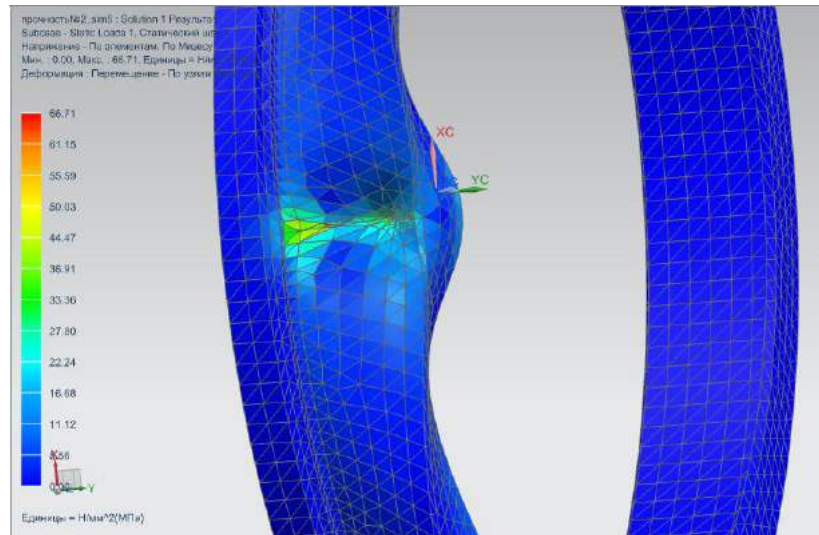


Рисунок 4.2 – Розподілення деформації деталі $P_z = 600$ Н

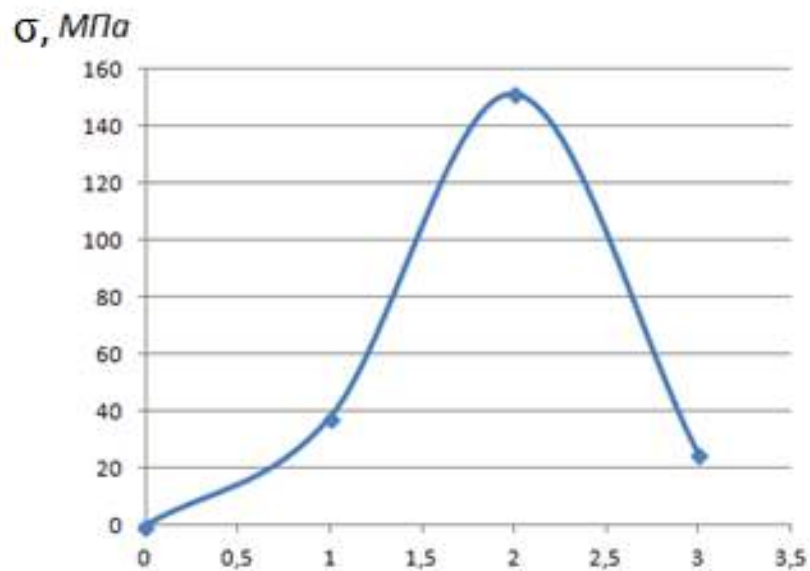


Рисунок 4.3 – Графік залежності прикладеної сили в різні точки

Після прикладання сили різання в 3-х точках до поверхні деталі видно, що найбільша деформація деталі відбувається в другій точці (2), яка розташована посередині тонкостінної частини деталі.

Визначивши деформацію від сили різання в найбільш критичній точці прикладаємо три різні сили $P_{z1} = 527$ Н, $P_{z2} = 264$ Н, $P_{z3} = 176$ Н. Сили розраховано залежно від різної глибини різання $t_1 = 3$ мм, $t_2 = 1,5$ мм, $t_3 = 1$ мм відповідно. На рис. 4.4 показана схема навантаження.

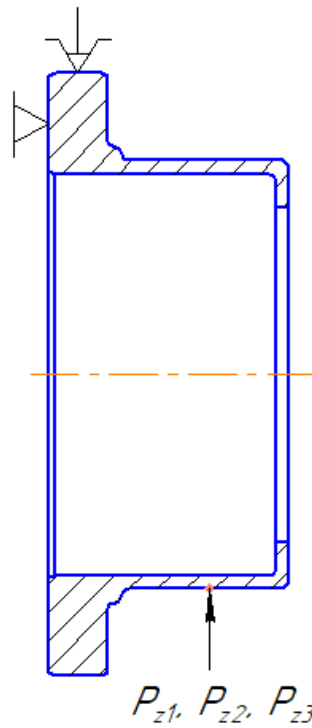


Рисунок 4.4 – Схема прикладення навантаження P_{z1} , P_{z2} , P_{z3}

Далі показано розподілення деформації деталі від сил P_{z1} , P_{z2} , P_{z3} на рис 4.5, 4.6, 4.7, 4.8.

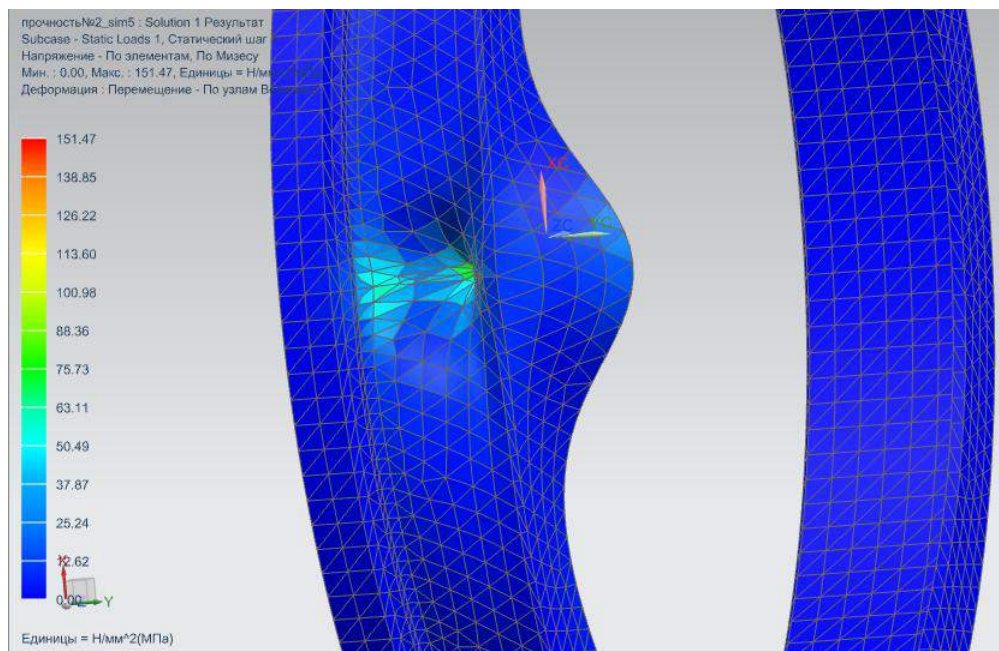
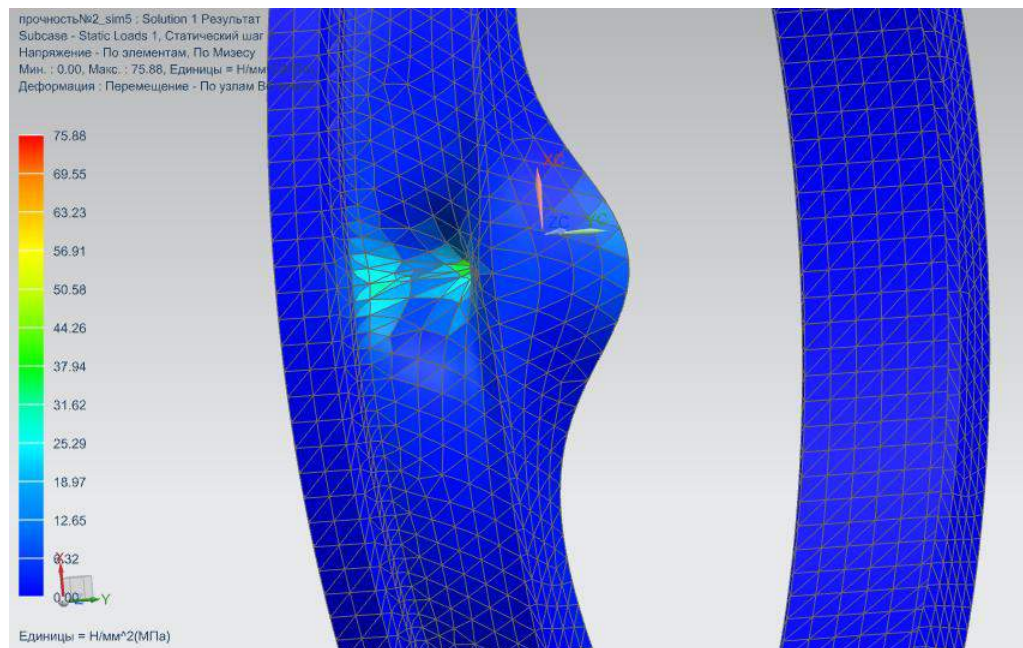
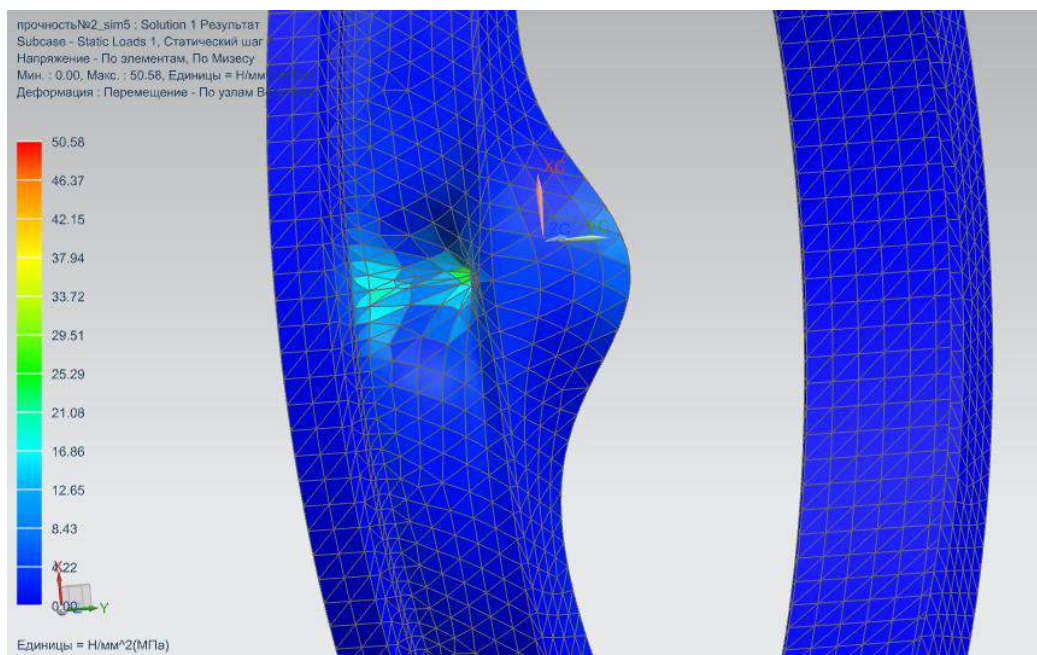


Рисунок 4.5 – Розподілення деформації деталі від сили P_{z1} , Н

Рисунок 4.6 – Розподілення деформації деталі від сили P_{z2} , НРисунок 4.7 – Розподілення деформації деталі від сили P_{z3} , Н

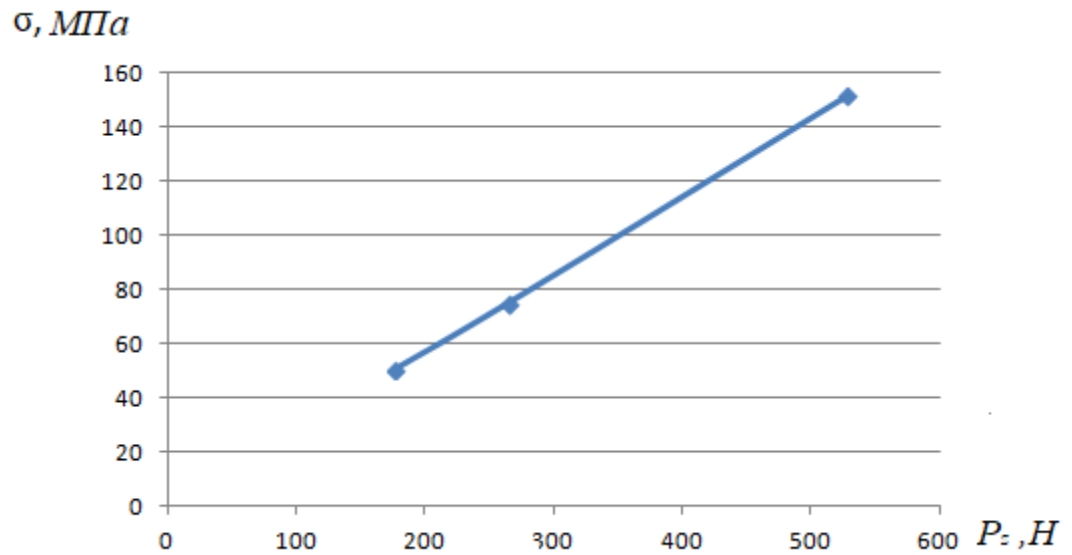


Рисунок 4.8 – Графік залежності отриманого натиску від прикладеної сили в точку 2

Виходячи з отриманих даних ми робимо висновок, що деталь «Кільце лабіринтне переднє» для усунення деформації, які знижують точність обробки, краще точити за декілька проходів з припуском не більше 1 мм.

Таким чином використання даного методу розрахунку в програмі NX CAM дає можливість прогнозувати та оптимізувати режим обробки за для забезпечення заданої розмірної точності.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

5.1 Загальні положення терміна «тонкостінна деталь»

Аналіз великої кількості дисертаційних робіт, монографій і статей виявив неоднозначність трактування поняття жорсткості для тонкостінних оброблених деталей. Наприклад, автор [22] пише: «За геометричною формою, розмірами, значенням модуля пружності матеріалів і схемою навантаження розрізняють категорії масивних і нежорстких деталей». Масивними він називає конструкції деталей, габаритні розміри яких рівні або мало відрізняються один від одного, ідеальними є деталі симетричної форми-куб або куля. До нежорстких конструкцій він відносить деталі з різними розмірами поперечних перерізів $A \times B$, довжин l , товщини стінок t і висот H . Не жорсткість конструкції деталей описує кількісним співвідношенням розмірів. Так, наприклад, нежорсткі круглі пластини мають $H \leq (0,2-0,3) D$, гладкі і ступінчасті вали $l \geq 15 D$, трубчасті деталі $t \leq 0,05 D$ [24]. Робилися спроби класифікувати деталі за чотирма категоріями жорсткості: дуже жорсткі (масивні), підвищеної, середньої і малої жорсткості [25].

За більш повний критерій не жорсткості також пропонувалося прийняти несучу здатність конструкції деталі [22], яка є функцією їх розмірів, геометричних характеристик поперечного перерізу і розрахункового опору навантажень. Така невизначеність поняття жорсткість немасивних деталей призвела до того, що в одних роботах тонкостінні деталі називають не жорсткими [19, 21], а в інших – мало жорсткими (але все - таки жорсткими) [18, 23].

Приведемо класифікацію тонкостінних виробів схемою на рис. 5.1

Всі тонкостінні вироби поділяються на два види: тіла обертання і корпуси. Корпуси діляться на оболонки і пластини. Оболонки бувають простої і складної конфігурації. Тіла обертання, в свою чергу діляться на жорсткі (співвідношення довжини отвору до його діаметру ≤ 1) і не жорсткі (співвідношення довжини отвору до його діаметру ≥ 1). Крім того тонкостінні вироби поділяються по товщині стінки. Тонкостінні вироби за типом внутрішніх площин бувають наскрізні й глухі, які бувають простими і ступінчастими.

Методичною основою для розробки класифікації по жорсткості тонкостінних деталей високої точності може бути прийнята кількісний взаємозв'язок жорсткості і маси, запропонований В. І. Журавльовим [20].

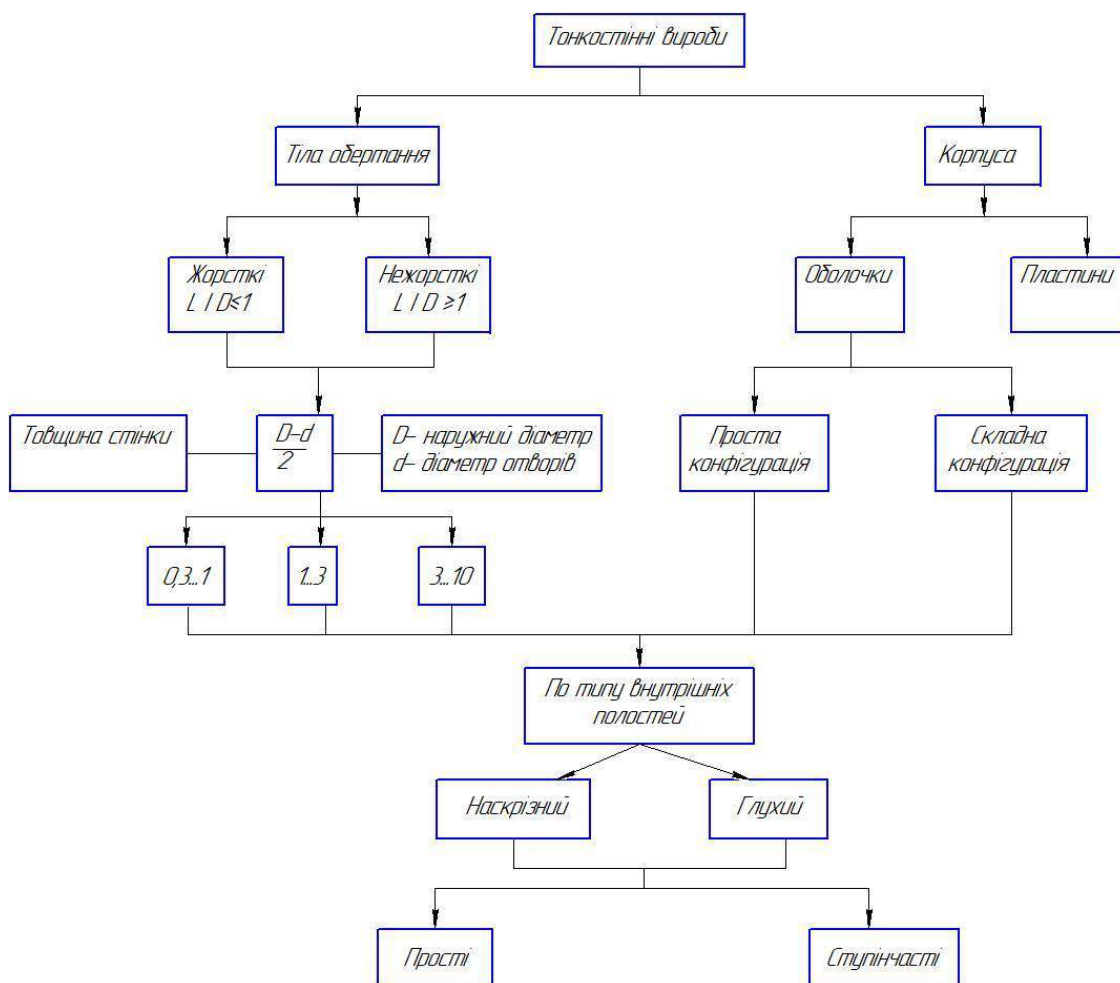


Рисунок 5.1- Схема класифікації тонкостінних виробів

Дійсно, в сучасному машинобудуванні вельми часто вдаються до тонкостінних конструкцій, що забезпечує високу жорсткість і міцність при порівняно невеликій вазі.

ГОСТом 30987-2003 «Основні норми взаємозамінності. Призначення розмірів і допусків для нежорстких деталей » дається однозначне визначення нежорсткої деталі [17]. У ньому зазначено, що нежорсткою називається деталь, яка деформується до такої міри, що у вільному стані виходить за межі допусків розмірів і (або) форми і розташування, що відносяться до деталі в закріпленому стані. Причому під вільним розуміється стан деталі на яку впливає тільки сила тяжіння.

Таким чином, всі характеристики, що зменшують деформацію деталі під дією сил тяжіння і підвищують її жорсткість, призводять до збільшення частоти власних коливань її пружної системи. Іншими словами, якщо частота власних коливань пружної системи деталі досить висока, то можна стверджувати, що деталь досить жорстка [17].

Важливою характеристикою, що впливає на амплітуду коливань тонкостінної деталі при механічній обробці, є її демпфуючі властивості. Демпфуючі властивості оцінюють за логарифмічного декременту загасаючих коливань.

Отже, тонкостінну деталь при її обробці можна в основному характеризувати трьома параметрами: величиною статичної жорсткості, частотою власних коливань і логарифмічним декрементом загасаючих коливань [10].

Тонкостінні деталі (далі - ТД), як правило, характеризуються зниженою механічною твердістю. У зв'язку з цим механічна обробка ТД пов'язана з високим ризиком виникнення браку від неприпустимо великих технологічних деформацій деталі під дією сил різання і закріплення. Тому при механічній обробці таких деталей зазвичай застосовують спеціальні верстатні пристосування, які в парі «деталь-спеціальне пристосування», підвищують жорсткість ТД до величин, порівнянних з жорсткістю монолітних виробів [10].

Тонкостінними називають деталі, у яких при їх обробці на стандартних (нормативних) режимах різання в стандартних умовах виникають пружні переміщення h оброблюваної поверхні, співмірні з шириною поля допуску H або перевищують її на розмір D поверхні, що піддається обробці [10].

Похибка обробки тонкостінної деталі може виникати і в процесі технологічної наладки. На цій стадії вплив надають:

- зазори, які можуть виникнути внаслідок переміщення змінного сектора планшайби;
- не жорсткість технологічної системи в цілому;
- похибка установки пристосування на верстат, тобто можливе виникнення ексцентриситету між осями пристосування і шпинделя верстата.

5.2 Особливості обробки тонкостінної деталі

При дослідженні залежності сили різання від режиму обробки було прийнято допущення про те, що технологічне деформування ТД зумовлено двома групами факторів - силою різання і силами закріплення деталі в пристосуванні. Причому у випадках мінімізації технологічних силових навантажень на оброблювану деталь активна роль належить силі різання і мінімально достатні для утримання деталі в пристосуванні сили закріплення залежать від сил різання. У зв'язку з цим при вивченні «м'яких» режимів

обробки в умовах прийнятих обмежень, в якості провідного технологічного фактора, прийнятий параметр сила різання.

Відповідно до існуючих наукових уявлень [12-14], при токарній обробці, розрахункова величина сили різання P описується формулою.

$$P = \{P_z, P_x, P_y\}, \quad (5.1)$$

де P_z - тангенціальна складова сили різання;

P_x - осьова складова сили різання;

P_y - радіальна складова сили різання.

Залежність компонентів P_z, P_x, P_y сили різання від технологічних умов процесу точіння може бути описана емпіричними залежностями [12-14].

$$P_z = 100 C_p t^x s^y V^n K_{mp},$$

$$P_x \approx 0,35 P_z, \quad (5.2)$$

$$P_y \approx 0,45 P_z,$$

де P_x, P_y, P_z - компоненти сили різання,

$H; t, s, V$ - технологічні параметри режиму різання: t - глибина різання, мм;

s - подача різця, мм/об, V - швидкість різання, м/хв;

C_p, x, y, n - емпіричні коефіцієнти;

K_{mp} - коефіцієнт поправки на матеріал оброблюваної деталі.

Залежність швидкості різання V від умов обробки, в свою чергу, описується співвідношенням [12-14].

$$V = C_v K_v / T^m t^x s^y, \quad (5.3)$$

де T - період стійкості інструменту, хв;

t - глибина різання, мм;

s - подача різця, мм/об;

C_v, x, y, m - емпіричні коефіцієнти;

K_v - коефіцієнт поправки на матеріал оброблюваної деталі.

Співвідношення (5.2, 5.3) дозволяють виділити в загальній кількості технологічних параметрів, що визначають величину сили різання, дві підмножини: (а) варіативні параметри режиму різання $\{t, s, V\}$, значення яких можуть активно змінюватись при настроюванні верстата при роботі верстата з керуючою програмою; (б) - статичні параметри $Z = \{C_p, C_v, T, x, y, m, n,$

$K_{mp}, K_v\}$, значення яких у процесі обробки деталі залишаються незмінними [12-14].

Статичні параметри задають технологічний контекст умов обробки і в розв'язуваній нами задачі можуть розглядатися як постійні елементи комплексної константи з досліджуваного процесу.

З урахуванням цього для аналізу можливостей активного управління силою різання P при вивченні поняття «м'який» режим різання можна обмежитися дослідженням мультиплікативної залежності (5.4), в якій варійовані параметри $t, s, V \in$ аргументами, а емпіричні величини x, y, n відіграють роль коефіцієнтів вагомості цих аргументів:

$$P = C (t_x s_y V_n), \quad (5.4)$$

де C - комплексна константа умов обробки; t, s, V - різні технологічні параметри режиму різання; x, y, n - емпіричні коефіцієнти вагомості параметрів t, s, V .

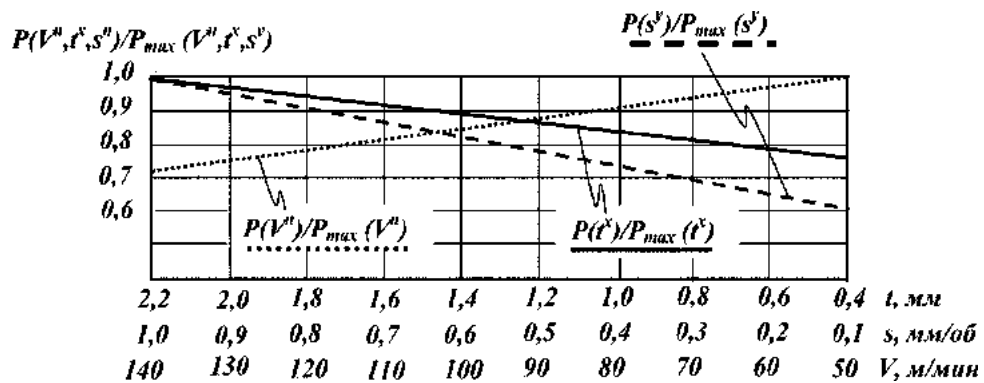


Рисунок 5.2.- Нормалізована залежність сили різання від параметрів режиму обробки [12-14].

Головним компонентом підготовки вихідних даних є визначення очікуваних значень сил різання. В процесах механічної обробки тонкостінних нежорстких деталей сили різання кардинально впливають на сили закріплення і, як наслідок, на загальну картину пружного переміщення оброблюваної поверхні деталі. В силу цього математичне прогнозування сил різання служить найважливішим інструментом в процедурі вибору умов обробки. В даний час існує науково обгрунтована і практично апробована методологія, що пропонує математичний опис залежності сили різання від параметрів режиму обробки. Зокрема, при токарній обробці деталей сили і швидкість різання для зовнішнього поздовжнього точіння можна розрахувати за такими формулами (5.2 , 5.3) [13]:

Технологія обробки ТД в системі «деталь-спеціальне пристосування» є важливою перевагою. При такому підході, для виготовлення ТД можна застосовувати нормативні режими механічної обробки, перевірені досвідом їх практичного застосування та добре освоєні в машинобудівному виробництві. Однак використання спеціальних пристосувань неминує призводить до суттєвих додаткових витрат часу і коштів на індивідуальну розробку і виготовлення такої технологічної оснастки.

Паралельно із застосуванням спеціальних пристосувань, вивчається можливість обробки ТД в стандартних умовах. При цьому виходять з того, що в залежності від конструкторського рішення конкретної тонкостінної деталі, пружна податливість ТД може виявлятися в різному ступені.

У зв'язку з цим видається логічним розглядати різні потенційно існуючі можливості обробки ТД, включаючи обробку в універсальних пристосуваннях із застосуванням «м'яких» режимів. Тут і далі застосовується термін «м'який» режим, маючи на увазі при цьому такий режим різання, при якому сила різання має меншу величину порівняно з силою різання при обробці в нормативних умовах.

Теоретичною платформою для застосування такого підходу може служити кількісне оцінювання величини очікуваної технологічної деформації ТД, що виникає при обробці на нормативних режимах [11]. При такому підході прогнозна оцінка очікуваної деформації деталі дозволяє зіставляти кілька можливих альтернативних варіантів обробки (табл. 5.1) і обґрунтовано вибирати раціональне технологічне рішення.

Таблиця 5.1. - Альтернативи умов обробки ТД

Група Жорсткості ТД	Результат моделювання Технологічної деформації ТД	Рекомендовані умови обробки	
		Пристосування	Режим різання
1	Деформація ТД істотно менше допустимого рівня	Універсальне	Нормативний
2	Деформація ТД порівняно з допустимим рівнем		«М'який»
3	Деформація ТД не суттєво більше допустимого рівня	Спеціальне	Нормативний
4	Деформація деталі істотно більше допустимого рівня		«М'який»

5.3 Методи визначення умов механічної обробки тонкостінних деталей

Процедура визначення значень параметрів s , t , V , які забезпечують «м'які» режими різання полягає в наступному. Потрібно знайти значення параметрів «м'якого» режиму обробки, при яких технологічна деформація деталі не виходить за межі допустимих значень. В якості засобу для оцінювання очікуваних технологічних деформацій ТД в процесі її обробки використовується система математичного моделювання процесу обробки деталі [11].

У сучасній технологічній практиці механічна обробка тонкостінних нежорстких деталей зазвичай виконується на стандартних (нормативних) режимах різання в спеціальних верстатних пристосувань, які підвищують жорсткість деталей до необхідного «без деформаційного» рівня.

Існує альтернативний варіант «без деформаційної» обробки тонкостінних деталей, при якому їх встановлюють на верстаті в стандартних умовах, але обробляють на спеціальних «м'яких» режимах різання. Перевагами цього підходу є більш висока оперативність технологічної підготовки виробництва і відсутність витрат на створення спеціальної верстатної оснастки. Недолік — відсутність методик реалізації даного підходу в умовах виробництва.

У сучасній практиці вирішення складних технічних завдань з використанням комп'ютерних технологій широко застосовують скінченно-елементні програмні комплекси, наприклад, систему ANSYS [15,16].

Припустимо, що в результаті моделювання встановлено, що при використанні нормативних режимів різання очікується виникнення неприпустимо великих деформацій. Встановлено також, що для «бездеформаційної» обробки деталі необхідно забезпечити зменшення сили різання до деякої величини $[P]$.

Необхідно знайти значення параметрів s , t , V , задають «м'який» режим обробки з силою різання P при дотриманні умови $P < [P]$.

Визначення «м'якого» режиму обробки, може бути реалізовано на базі автоматизованих цифрових технологій, а також, з використанням номограм в якості інструменту графічної інтерпретації розглянутих тут математично формалізованих моделей (рис 5.3) [11].

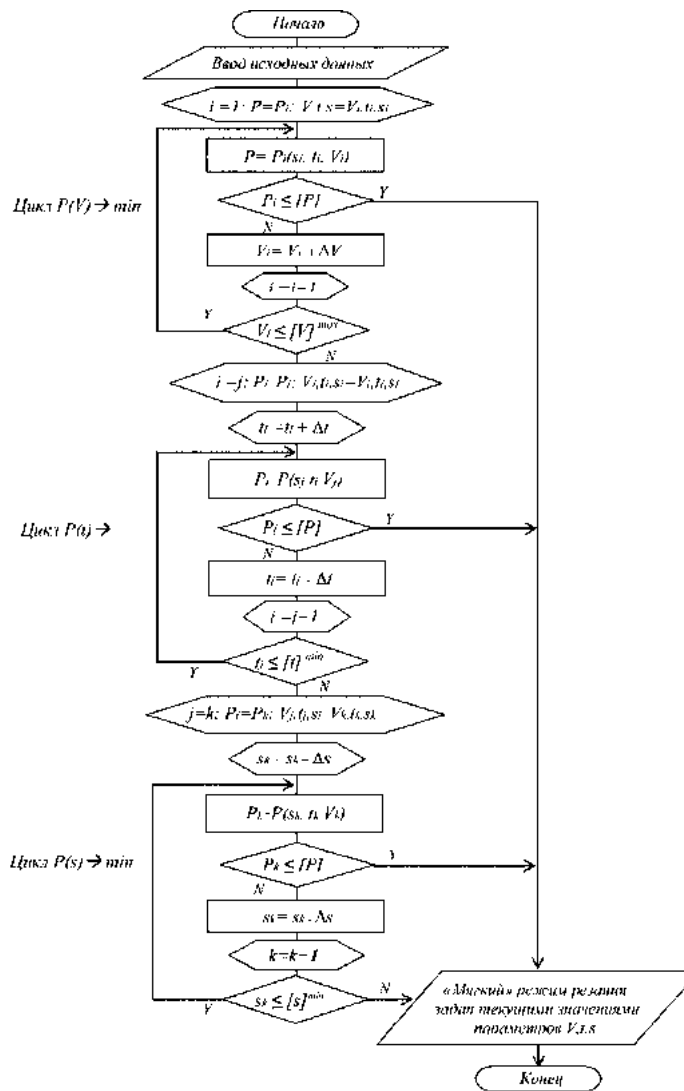


Рисунок 5.3. Алгоритм визначення параметрів «м'якого» режиму різання [11]

В даному проекті в розділі 4 було розглянуто запропонований метод розрахунку навантаження та оптимізації режимів різання для токарної обробки деталі « Кільце лабіринтне переднє ». Для цього використовували програму NX CAM, було встановлено «м'які» режими різання, а саме глибина різання t не більше 1мм.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для розрахунку економічної частини запропоновано виконати порівняння з двох варіантів токарних операцій: 1 – токарна обробка на верстаті 6550Ц та 2 - токарна обробка на верстаті 6Р13Ф3 вибираємо найбільш ефективний з точки зору собівартості. Ескіз обробки показано на рис. 6.1

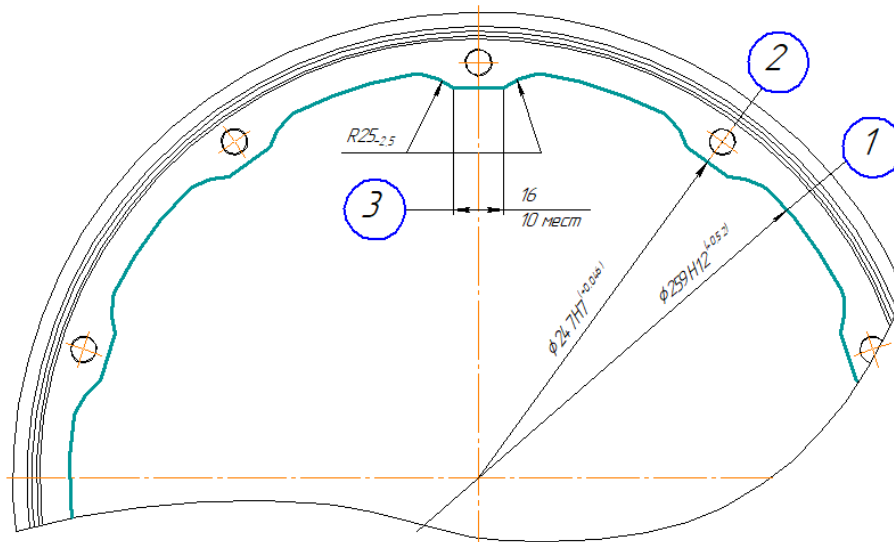


Рисунок 6.1 - Ескіз фрезерної обробки

Визначаємо такт випуску за формулою, хв:

$$\tau = \frac{F_a \cdot 60}{N}, \quad (6.1)$$

де F_a – дійсний річний фонд роботи обладнання, год [25, с. 92];
 N – програма випуску, шт.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.1)

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{5000} = 48,2 \text{ хв.}$$

Розраховуємо кількість верстатів для фрезерної обробки (1) та фрезерної обробки ЧПК (2) за формулою, шт:

$$n_p = \frac{t_{um-k}}{\tau}, \quad (6.2)$$

де $t_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час операції, хв.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.2):

$$n_{\rho 1} = \frac{2,45}{48,18} = 0,051 \text{ шт.}$$

$$n_{\rho 2} = \frac{5,15}{48,18} = 0,106 \text{ шт.}$$

Розраховуємо заробітну плату робочих за формулою, коп/хв.:

$$З_p = З_T \cdot K_n, \quad (6.3)$$

де $З_T$ – тарифна хвилинна заробітна плата робочого (прийнятого у проекті розряду) з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві.[25, т. 2.18, с. 94];

K_n – коефіцієнт перевиконання норми [25, с. 93].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.3)

$$З_{p1} = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ коп / хв.}$$

$$З_{p2} = 0,912 \cdot 1,2 = 1,09 \text{ коп / хв.}$$

Розраховуємо заробітну плату наладчиків за формулою, коп/хв.:

$$З_n = З_T \cdot K_n, \quad (6.4)$$

де $З_T$ – тарифна хвилинна заробітна плата наладчика (прийнятого у проекті розряду) з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві. [25, т. 2.18, с. 94]

K_n – коефіцієнт перевиконання норми [25, с. 93].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.4):

$$З_{n1} = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ коп/ хв.}$$

$$З_{n2} = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ коп/ хв.}$$

Розрахуємо норму витрат на електроенергію за формулою, коп/год:

$$E = \frac{P \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C_e}{60}, \quad (6.5)$$

де P – потужність верстата, кВт

K_1 – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів за потужністю [25, т. 2.19, с. 94];

K_2 – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів за часом [25, т. 2.19, с. 94]

C_e – вартість 1 кВт/год електроенергії у діючий час, коп. [26].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.5):

$$E_1 = \frac{11 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 224}{60} = 12,32 \text{ коп / год.}$$

$$E_2 = \frac{10 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 224}{60} = 20,9 \text{ коп / год.}$$

Розрахуємо витрати на амортизацію обладнання за формулою, коп

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_o \cdot 60}, \quad (6.7)$$

де A_r – нарахування на амортизацію за рік, коп.

Розрахуємо нарахування на амортизацію за рік за формулою, коп

$$A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15C}{100}, \quad (6.8)$$

де α_1 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [25, с. 92];

C – ціна обладнання, грн.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.8):

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 295000}{100} = 50887,5 \text{ коп.}$$

$$A_{r_2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 197000}{100} = 33982,5 \text{ коп.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.7):

$$A_1 = \frac{50887,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 21,13 \text{ коп.}$$

$$A_2 = \frac{33982,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 14,1 \text{ коп.}$$

Розрахуємо витрати на обслуговування обладнання за формулою, коп

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_o \cdot 60}, \quad (6.9)$$

де O_r – нарахування на обслуговування за рік, коп.

Розрахуємо нарахування на обслуговування за рік за формулою, коп

$$O_r = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15C}{100}, \quad (6.10)$$

де α_2 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [25, с. 92];

C – ціна обладнання, грн.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.10):

$$O_{r_1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 295000}{100} = 1696,25 \text{ коп.}$$

$$O_{r_2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 197000}{100} = 1132,75 \text{ коп.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.9):

$$O_1 = \frac{1696,25 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,7 \text{ коп.}$$

$$O_2 = \frac{1132,75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,47 \text{ коп.}$$

Розрахуємо витрати на ремонт обладнання за формулою, коп

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_o \cdot 60}, \quad (6.11)$$

де P_r – нарахування на ремонт за рік, коп.

Розрахуємо нарахування на ремонт за рік за формулою, коп

$$P_r = \frac{\alpha_3 \cdot 1,15C}{100}, \quad (6.12)$$

де α_3 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [25, с. 92];

C – ціна обладнання, грн.

Виконуємо розрахунки за формулою (6.12):

$$P_{r1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 295000}{100} = 15266,25 \text{ коп.}$$

$$P_{r2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 197000}{100} = 10194,75 \text{ коп.}$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.11):

$$P_1 = \frac{15266,25 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 6,34 \text{ коп.}$$

$$P_2 = \frac{10194,75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 4,23 \text{ коп.}$$

Визначаємо витрати на інструмент за довідковою літературою [25, т. 2.20, с. 94].

Для фрезерної обробки в обох варіантах обираємо різці, оснащені твердим сплавом, для чистового проходу $I_T = 0,092$ грн.

Визначаємо витрати на пристосування за довідковою літературою [25, т. 2.21, с. 95].

Для токарної обробки в обох варіантах спеціальних пристосувань не передбачено.

Розраховуємо технологічну собівартість для кожного варіанту операції за формулою, коп.

$$C_i = (Z_{pi} + Z_{ni} + E_i + \Pi_i + I_i + A_i + O_i + P_i) \cdot t_{um-ki}. \quad (6.13)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (6.13)

$$C_1 = (1,697 + 1,697 + 12,32 + 0 + 0,092 + 21,13 + 0,7 + 6,34) \cdot 2,45 = 107,74 \text{ коп.}$$

$$C_2 = (1,09 + 1,697 + 20,9 + 0 + 0,092 + 14,1 + 0,47 + 4,23) \cdot 5,15 = 219,3 \text{ коп.}$$

Розраховуємо економічний ефект очікуваний при впровадженні токарного верстата з ЧПК 6P13Ф3 замість токарного верстата (6550Ц) за формулою, грн:

$$E_e = (C_1 \Pi + E_1 \Pi_1 n_1) - (C_2 \Pi + E_2 \Pi_2 n_2), \quad (6.14)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності [25, с. 91].

Виконуємо розрахунки за формулою (6.14):

$$E_e = (1,0774 \cdot 5000 + 0,15 \cdot 295000 \cdot 1) - (2,193 \cdot 5000 + 0,15 \cdot 197000 \cdot 1) = 9122 \text{ грн.}$$

Проведений аналіз розрахунків економічної ефективності можна висновок, що технологічна собівартість токарної операції на верстаті 6550Ц складає 219,3 коп., а на верстаті з ЧПК 6P13Ф3 – 107,74 коп. Економічний ефект від впровадження верстата з ЧПК 6P13Ф3 замість 6550Ц складає 9122 грн.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки тема магістерського проекту "Оптимізація режимів різання при обробці тонкостінних деталей", тому нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки на ділянці механічного цеху, відповідно до методичних вказівок.

На підставі аналізу роботи існуючого устаткування і технологічних процесів механічної дільниці, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю .

1. Причиною електротравм може бути несправність ізоляції, що призводить до подачі струму на металеві не струмопровідні частини обладнання. Ураження електричним струмом може відбутися в наслідок користування несправним ручним електроінструментом, порушення правил техніки безпеки при роботі з обладнанням. Ступінь тяжкості електричного ураження залежить від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, частоти струму, шляху його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища, фізіологічного стану людини.

2. Причиною механічних травм можуть стати порушення в організації робочого процесу:

а) порушення правил експлуатації обладнання при неналежному контролі за діями персоналу з боку відповідальних осіб;

б) нераціональної організації робочих місць, недостатньої уваги персоналу під час роботи, переміщенні по цеху, території підприємства;

в) травми і ушкодження шкірного покриву при вантажненні-розвантажненні заготовок і деталей при роботі без засобів захисту;

г) відсутність запобіжних плакатів, блокувань, огорожень у місцях проведення ремонтних робіт;

д) ушкодження шкірного покриву рук гострими кромками, задирками на поверхні заготовок, інструменту, устаткування, відходів при роботі без рукавиць;

3. Причиною опіків різного ступеню важкості може бути порушення правил безпеки при виконанні операцій точіння в'язких металів без спецодягу.

4. Можливі соціальні причини – кістково-м'язові порушення, у зв'язку з довгим статичним навантаженням, яке призводить до стомлення, порушення координації рухів, збільшенню помилок, травм.

5. Нервово-емоційне навантаження, у зв'язку із стресовими ситуаціями, які можуть привести до захворювання загального невротичного характеру і нервовим зривам.

6. Санітарно-гігієнічні причини:

а) незадовільне освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювального устаткування, що може привести до втоми очей;

б) підвищена запиленість в зоні дихання за відсутності засобів захисту, особливо при обробці поверхонь (шліфуванні, поліруванні);

г) в процесі металообробки утворюється металевий пил, який впливає на організм людини та викликає фіброгенну дію, тобто подразнює слизові оболонки дихальних шляхів та осідає в легенях, що можливо при відсутності ефективної місцевої вентиляції;

д) підвищений рівень шуму, що виникає при роботі обертових механізмів, що неправильно відцентровані, може привести до дратівливості, збільшення помилок під час праці; підвищеного стомлення робітників та нервово-емоційному прояву;

д) вібрація (локальна) на руки, яка може привести до погіршення чутливості, віброзахворювань;

е) роздратування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів можуть викликати мастильно-охолоджувальні технічні засоби (МОТЗ) при порушенні правил безпеки. Аерозоль нафтових олій, які входять до складу МОТЗ, може також привести до зниження імунобіологічних реакцій, призвести до алергічних реакцій.

6. Психофізіологічні шкідливі чинники:

а) фізичне перевантаження при установці, закріпленні і зніманні великогабаритних деталей;

7. Незадовільних параметрів мікроклімату робочого місця, у зв'язку з відсутністю або неправильною роботою засобів забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату, що може привести до загальних захворювань.

8. Вірогідність пожежі у зв'язку з несправністю електричного устаткування, не дотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

9. Неправильних дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що може привести до паніки, травмування і загибелі людей.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Безпека технологічного устаткування забезпечується правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів і робочих процесів і відповідає «Технічному регламенту безпеки машин». Обладнання не створює небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Внутрішнє планування цеху розроблене відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Вибраний спосіб планування верстатів на дільниці механічного цеху відноситься до прямого – в порядку технологічних операцій.

При розробці планування передбачається організація проходів, що забезпечують вільний доступ до усіх робочих місць і які є шляхами евакуації власного складу на випадок надзвичайної ситуації.

Відстані між верстатами забезпечують безпечну роботу і обслуговування устаткування.

Площа і об'єм виробничої дільниці забезпечує виконання вимог мінімального об'єму 15 м^3 на одного робітника і мінімальні норми виробничій площі $4,5 \text{ м}^2$ на одного робітника і відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачені місця для утилізації і поховання промислових відходів.

Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння.

На кожному робочому місці є дерев'яні ґрати на всю довжину робочої зони, і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають. Зручне розташування інструменту і пристосувань в тумбочках, а заготовок в

спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм.

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Крім того, безпека праці забезпечується:

- використанням в конструкціях технологічного устаткування спеціальних захисних засобів;

- дотриманням ергономічних вимог відповідно ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»;

- включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту устаткування.

- застосуванням знаків безпеки для попередження про небезпеку відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Для попередження електротравматизму усе електричне устаткування і інструменти заземлені відповідно до ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1». Електробезпека забезпечується:

- конструкцією обладнання;
- технічними способами і засобами захисту;
- організаційними і технічними заходами.

Електроустановки і їх частини виконані таким чином, щоб коли працюють не піддавалися небезпечним і шкідливим впливам електричного струму і електромагнітних полів, і відповідати вимогам електробезпеки.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати такі способи і засоби: захисна оболонка; захисні огороження (тимчасові або стаціонарні); безпечне розташування струмоведучих частин; ізоляцію струмоведучих частин (робочу, додаткову, посилену, подвійну); ізоляцію робочого місця; захисне вимкнення.

Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті

пошкодження ізоляції, застосовують такі способи: захисне заземлення; занулення.

За безпечність конструкції, правильність вибору матеріалів, якість виконання, а також відповідність засобів захисту чинним в Україні нормативним документам повинні нести відповідальність керівники підприємств, установ, організацій (незалежно від форми власності), які виготовляють ці засоби захисту, орган, який видав сертифікат на виробництво і реалізацію захисних засобів, у тому числі і засобів захисту зарубіжного виробництва.

Основними засобами захисту від ураження електричним струмом є: забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику; використання електроенергії з безпечними рівнями напруги; усунення небезпеки ураження людей струмом при появі напруги на конструктивних частинах електроустаткування; використання індивідуальних засобів захисту від ураження електрострумом. Для попередження уражень електрострумом необхідно: чітко і в повному обсязі виконувати правила виконання робіт і технічної експлуатації.

Категорія приміщення механічної дільниці, згідно "Правил облаштування електроустановок" (ПОЕ), глава 5. "Електрообладнання спеціальних установок" – це приміщення з підвищеною небезпекою (сухе, відносна вологість не більше 60%, пил металевий, з температурою – до 30° С, з залізобетонною підлогою).

Передбачено обгороджування частин верстатів, що рухаються та представляють небезпеку для людини, відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Захисні пристрої не погіршують стеження за роботою устаткування і максимально захищають від проникнення небезпечних і шкідливих чинників в робочий простір.

Верстат відключається від мережі при зміні робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни. Гальмування двигунів після останову приводу здійснене за рахунок кінематичного тертя, тобто мимоволі.

На усіх металорізальних верстатах дільниці є блокування дверей силового устаткування і верстатів з вимикачем струму, щоб при включеному положенні не можна було відкрити дверці, а при відкритих дверцях – не можна було включити устаткування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність

машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

З метою забезпечення біологічної безпеки працюючих передбачено застосування змащувально-охолоджувальні рідини і технологічного мастила, відповідно до вимог ГОСТ 12.3.025-80 «Обробка металів різанням. Вимоги безпеки» і ТУ на технологічну рідину.

У цеху, з метою зниження важкої ручної праці, встановлена кран-балка, яка призначена для транспортування пристосувань і переміщення тари з партією заготовок від верстата до верстата.

Підйомно-транспортні засоби відповідають ДНАОП 1.1.10-1.04-01 "Правила безпечної роботи з інструментом і пристосуваннями".

Безпеку підйомних машин в процесі експлуатації підвищують пристрої і прилади безпеки :

- обмежувачі ходу (пересування крану, підйому вантажу);
- пристрої, які забезпечують стійкість крану (обмежувачі вантажопідйомності);
- прилади сповіщення і сигналізації.

Важливою умовою в забезпеченні безпечної роботи кран-балки є надійність гальмівних пристроїв, як механізму підняття вантажу, так і механізму переміщення візка і крану.

Не допускається підняття вантажів з масою що перевищує допустиму за технічними даними крану.

Користування вантажопідіймальними механізмами дозволяється тільки робітником, що пройшов атестацію. Перед роботою з вантажопідіймальними механізмами перевіряється дата випробування вантажопідійомника (термін придатності – один рік).

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

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 "Гігієнічна класифікація праці за показниками

шкідливості і небезпеки чинників виробничого середовища, важкості і напруженості трудового процесу".

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". При категорії робіт середньої тяжкості температура повітря 17-23⁰С, відносна вологість 75%, швидкість повітря 0,1-0,3 м/хв., температура повітря на робочому місці 13-24⁰С.

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачено облаштування системи опалювання, поєднаної з припливною вентиляцією, відповідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". Встановлені опалюючі повітряні завіси біля входу. Застосована центральна система водяного опалювання.

У теплий період часу передбачена природна і механічна вентиляція з поданням повітря на робітника 20 м³/годину.

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль для попередження виробничого травматизму. Багато нещасних випадків на виробництві стається через погане освітлення.

Природне освітлення - освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожуючих конструкціях.

Робоче освітлення - освітлення, яке забезпечує нормовані освітлювальні умови (освітленість, якість освітлення) в приміщеннях і в місцях виконання робіт поза будинками

Суміщене освітлення - освітлення, за якого недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб (наприклад, вірусу грипу). Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

Природному освітленню властиві і недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні приміщення.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником — коефіцієнтом природнього освітлення (КПО).

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормальної освітленості робочої зони механічної дільниці. Для робочого загального освітлення застосовані в якості джерела світла газорозрядні лампи, які щоб уникнути стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі. На робочих місцях встановлено місцеве освітлення. Норми освітленості робочих місць відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" залежать від характеристики робіт та розміру об'єкту розпізнавання.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку" рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБа. Так як у механічному цеху рівень шуму лежить в межах норм (<80дБ), застосування індивідуальних засобів захисту і спеціальні заходи не передбачені. При цьому рекомендується перевірка робочих місць і устаткування для встановлення рівня шуму мінімально один раз впродовж року.

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

зберігання стабільності регулювань у період експлуатації техніки на номінальних режимах роботи, усунення перекосів, люфтів і осьових натяків.

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 змашуються;

- 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, що віброгасять, 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".

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж згідно з НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні".

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-

2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень.

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегоржуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперегоржувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

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

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості.

На дільниці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м²).

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних дільницях і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м² площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Для захисту від блискавок передбачені громовідводи. З метою захисту від статичної електрики на ділянках промивання передбачені заземлення неструмопровідних електропровідних частин устаткування. Металеві повітропроводи встановлюються через кожні 40-50 м. Застосовують також зволоження повітря до 60-70%, що дозволяє понизити електризацію матеріалу.

7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Дії керівника промислового об'єкта при виникненні надзвичайної ситуації.

Керівники об'єктів повинні передбачити управління надзвичайними ситуаціями. Для завдання забезпечення безпеки людини в НС стратегія управління повинна включати здійснення 3-х цілей: запобігання причин виникнення; запобігання самих екстремальних ситуацій; пом'якшення, максимальне ослаблення наслідків НС. Стратегія запобігання причин виникнення НС передбачає недопущення таких дій чи процесів, які несуть загрозу населенню. Дана стратегія здійснюється або відмовою від будівництва небезпечних об'єктів, або знищенням чи перепрофілюванням виробництв — джерел підвищеної небезпеки.

Друга стратегія — запобігання самої НС — передбачає недопущення виходу небезпечного процесу з-під контролю шляхом використання надійних аварійних систем, сигналізації, автоматики й інших заходів з підвищення надійності і стійкості роботи підприємств, а також шляхом заходів превентивної евакуації тощо.

Третя стратегія — пом'якшення наслідків — передбачає орієнтацію на ослаблення, локалізацію наслідків НС. Ця стратегія має пріоритет у керуванні стихійними лихами і ситуаціями «комбінованого» типу.

У практиці управління найбільший ефект дає спільне використання всіх трьох стратегій, особливо при промислових аваріях. У НС, викликаних стихійними лихами, пріоритет надається другій і третій стратегіям. Для реалізації кожної зі стратегій управління необхідно розробляти і приймати комплекс превентивних та оперативних заходів.

- аналіз і встановлення зовнішніх та внутрішніх причин, які ведуть до катастрофи;
- прогнозування осередків ураження, втрат і збитків на підприємстві;
- заходи з підвищення стійкості;
- бґрунтування сил і засобів для проведення дій з локалізації вогнищ поразки і пошуково-рятувальних робіт;
- навчання формувань і громадян способам захисту;
- підготовка надійного КП управління.

Оперативні:

- оповіщення про НС;
- проведення всіх видів розвідки й оцінка обстановки;
- проведення екстрених захисних заходів (укриття в ЗС, евакуація);
- використання сил постійної готовності для локалізації катастрофи;
- надання першої медичної і першої долікарняної допомоги;

- нарощування сил і засобів в ОП за рахунок залучення формувань підвищеної готовності;
- термінове постачання потерпілих продовольством та іншими життєво необхідними засобами;
- введення аварійно-відбудовних робіт.

При виникненні НС організовується надзвичайне управління, яке складається з чотирьох стадій ліквідації наслідків.

1. Стадія вжиття екстрених заходів. Мета — задіяти механізм надзвичайного управління і вчасно зреагувати на НС. Основні завдання початкової стадії: встановлення факту НС, попередня оцінка обстановки в зоні лиха і масштабів наслідків, мобілізація і встановлення оперативних завдань органам надзвичайного управління, віддача розпоряджень на залучення мобільних сил пожежної охорони, швидкої медичної допомоги, охорони суспільного порядку й інших служб для допомоги потерпілим, сприяння місцевим органам влади в організації рятувальних робіт і локалізації зони нещастя власними силами; інформування населення та вищестоящих органів управління про НС і вжиті заходи. Тривалість початкової стадії — 1–10 годин.

2. Стадія оволодіння ситуацією й організації механізму надзвичайного управління в зоні лиха, у плануванні і проведенні рятувальної операції відповідного масштабу. Завдання: детально оцінити обстановку, терміново прийняти обґрунтоване рішення й уточнити план ліквідації наслідків НС; розрахувати необхідні сили і засоби, ресурси для всього комплексу робіт у зоні лиха, організувати чітку взаємодію всіх залучених сил і аварійних служб. Тривалість 2-ї стадії — від кількох годин до кількох діб.

3. Основна і визначальна стадія. Мета — перебороти надзвичайний характер ситуації: відновити безпеку населення в зоні лиха, ліквідувати загрозу життю і здоров'ю всім потерпілим, створити мінімально необхідні умови для життєдіяльності населення, що залишилося. Завдання: розгортання в найкоротший термін рятувальних робіт на всіх потерпілих об'єктах зони лиха, надання допомоги потерпілим для захисту їхнього життя, здоров'я і підтримка життєздатності в екстремальних умовах; евакуація потерпілих із зони нещастя та їх життєзабезпечення; термінове проведення аварійно-відбудовних робіт на системах водо-, тепло-, газо-, електросистемах і зв'язку в зоні лиха. Тривалість кілька діб — кілька тижнів.

4. Стадія відновлення, тобто економічна, соціальна, культурна й екологічна реабілітація зони лиха. Органи надзвичайного управління

вичерпали свою роль і передають функції постійної дії місцевим органам управління. Розробляється спеціальна програма з черговістю комплексу заходів для реабілітації зони нещастя.

Основними відповідальними особами щодо забезпечення захисту робітників та службовців при аваріях зі СДОР є: головний інженер, черговий диспетчер, начальник штабу ЦЗНС, начальники підрозділів (цехів), начальник газорятувальної служби.

- одержавши інформацію про аварію, прибуває на об'єкт і здійснює загальне керівництво ліквідацією наслідків і порятунок людей;
- інформує адміністрацію району (міста) про характер аварії, рятувальні та інші невідкладні роботи (РІНР);
- створює команду фахівців, яка бере участь разом з газорятувальною службою (ГРС) у ліквідації наслідків аварії.
- безпосередньо керує роботами по ліквідації наслідків аварії;
- ознайомившись з обстановкою, приступає до виконання заходів по плану ЦЗ мирного часу;
 - керує діями пункту управління;
 - перевіряє особовий склад ГРС, медслужби і контролює повноту оповіщення всіх посадових осіб;
 - віддає розпорядження щодо локалізації аварії;
 - дає вказівки на евакуацію РіС, з організації оточення району аварії і з інформації;
 - періодично доповідає НЦЗ про обстановку в районі аварії.

Начальник штабу ЦЗНС об'єкта:

- розробляє план захисту РіС від СДОР (разом з начальниками служб);
- підтримує постійну готовність сил і засобів ЦЗ до ліквідації наслідків аварії, організовує навчання;
- при виникненні аварії розгортає КП, віддає розпорядження на проведення заходів щодо захисту РіС; готує сили і засоби до ведення РІНР;
- ставить завдання на розвідку ОХЗ;
- оцінює обстановку і доповідає НЦЗ, готує пропозиції з проведення РІНР;
- здійснює контроль за своєчасним наданням медичної допомоги ураженим, їх евакуацією і виведенням з вогнища зараження.

- до прибуття безпосереднього керівника робіт з ліквідації наслідків аварії займається порятунком людей, локалізацією аварії (разом з начальником чергової зміни ГРС);
- прогнозує небезпечну зону поширення СДОР і подає сигнали;
- оповіщає особовий склад ГРС, протипожежної і медичної служб, командний склад, місцеві органи, РіС і дає рекомендації начальникам підрозділів (цехів) про напрямок виведення людей з небезпечної зони (з обов'язковим підтвердженням одержання інформації);
- інформує чергового штабу ЦЗНС району і диспетчерів сусідніх підприємств про аварію;
- з прибуттям командирів НЧ ставить завдання на розвідку вогнища зараження;

Комплект документів, необхідних для роботи чергового диспетчера: посадові обов'язки; план з можливою обстановкою на ОГ, у випадку аварії; схема оповіщення КНС, РіС і населення при аварії; схема оцінки хімічної обстановки (стенд); картка-паспорт на об'єкт зі СДОР; варіанти текстів оповіщення.

Начальник підрозділу (цеху), у якому відбулася аварія:

- оповіщає РіС, чергового диспетчера;
- викликає ГРС;
- дає вказівки щодо припинення робіт і на аварійну зупинку цеху, заборони допуску людей у вогнище зараження, порятунку людей і локалізації аварії;
- контролює вихід людей з небезпечної зони в безпечному напрямку.

Управління підприємством і дії керівників при аваріях на радіаційно небезпечних об'єктах

При виникненні аварії на АЕС керівники об'єкта оповіщаються штабом ЦЗНС району дислокації і районним відділенням міліції. Оповіщення керівників об'єктів (за списком) здійснюють диспетчер заводу (робочий час), а також черговий воєнізованої пожежної команди і начальник ВОХР. Здійснюється оповіщення робітників та службовців об'єкта і населення прилягаючих до об'єкта будинків по радіо, телебаченню, гучномовцях, а також з ПМГ.

Штаб ЦЗНС об'єкта здійснює прогнозування радіаційної обстановки. Розгортається діяльність комісії з надзвичайних ситуацій (КНС). Виконуються заходи щодо захисту.

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

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

ВИСНОВОК

При виконанні дипломного проекту було розглянуто та виконано наступне.

Проведена розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце лабіринтне переднє».

Також визначено метод отримання заготовки та призначили припуски Розраховано режими різання та технічне нормування згідно методичних вказівок.

Розроблено 3D модель деталі та заготовки, зроблено симуляцію механічної обробки в програмі NX CAM. Спроектовано робоче пристосування для свердління десяти отворів та контрольне пристосування для контролю радіального биття.

Виконано автоматизацію контролю тонкостінності деталі за допомогою спеціального пристосування.

Виконано спеціальне завдання на тему: «Оптимізація режимів різання при обробці тонкостінних деталей»

В програмі NX CAM деталь була досліджена на деформацію, таким чином використання даного методу розрахунку дає можливість оптимізувати та прогнозувати режим обробки за для забезпечення заданої розмірної точності.

В економічному розділі визначили найбільш економічно вигідний верстат для фрезерної операції.

У частині охорони праці було проведено аналіз потенційних небезпек та заходи по забезпеченню безпеки

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / НУ «Запорізька політехніка»; уклад. Н.В.Гончар. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 85с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. т. 1 : справочник / [А.Г. Косилова и Р.К. Мещерякова.]; под общ. ред. А.Г. Косиловой. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. т. 2 : справочник / [А.Г. Косилова и Р.К. Мещерякова.]; под общ. ред. А.Г. Косиловой. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: монография / В.И. Баранчиков, А.В.Жаринов, Н.Д. Юдина. – М : Машиностроение, 1990. – 400с.
5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика машиностроителя, т. 2: монография Е.И. Стружестрах. – М : Машиностроение, 1961. – 892с.
6. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Запоріжжя. НУ «Запорізька політехніка»; укл. О. Б. Козлова, Н. В. Гончар, Є. В. Вишнепольський. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 46 с.
7. Богуслаев В.А. Станочные приспособления: монография / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2004 – 461 с.
8. Фельдштейн, Е.Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. – 264 с. – (Среднее профессиональное образование).

9. Методы и средства измерения и контроля изделий в машиностроении: учеб. пособие / [В.П. Самохвалов, А. Н. Кирилин, В. М. Вершигоров, А. В. Харитонов]. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2007. - 80 с. : ил
10. К вопросу о деформации тонкостенных деталей при обработке на станках токарной группы / Е.В. Арбузов, А.Д. Жаргалова, Г.П. Лазаренко, В.И. Семисалов ; МГТУ им. Н.Э. Баумана: Электрон. журн. 2012. №4.
11. Метод определения условий механической обработки тонкостенных деталей : учебник / С.С. Гаврюшин, А.Д. Жаргалова, Г.П. Лазаренко, В.И. Семисалов ; Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2015, №11, с. 53 – 60.
12. Справочник технолога -машиностроителя / В 2-х т. Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. - 918 с.
13. Грановский Г.И. Резание металлов : монография / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский ; Москва: Высшая школа, 1985. - 304 с.
14. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент: монография / В.А. Аршилов, Г.А. Алексеев ; Москва: Машиностроение, 1967. – 500 с.
15. Гаврюшин С.С. Численный анализ элементов конструкций машин и приборов (2 -е издание): учеб. пособие / С.С. Гаврюшин, О.О. Барышникова, О.Ф. Борискин. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 480с.
16. ANSYS в примерах и задачах: учебник / под общ. ред. Д.Г. Красковского. – Москва: Компьютер Пресс, 2002. - 224 с.
17. ГОСТ 30987-2003.Основные нормы взаимозаменяемости. Назначение размеров и допусков для нежестких деталей. – Введ. 2005.01.01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 6с.
18. Долгов В. В. Программирование формообразующих траекторий на станках с ЧПУ при обработке маложестких деталей: Дис....канд.техн.наук: 05.13.06 / Долгов Василий Валерьевич. – Ростов-на-Дону, 2002. – 165с.
19. Егоров Е. С. Повышение эффективности процессов обработки нежестких деталей инструментом из композитов с применением магнитной технологической оснастки: Дис канд.техн. наук: 05.03.01 /Егоров Евгений Сергеевич. – Чита, 2004. – 161с.
20. Журавлев, В. М. снижение веса машиностроительных конструкций:

учеб. пособие / В. Н. Журавлев.– 2-е вид. переработка. и доп. – Свердловск: Машгиз. 1961.– 239с.

21. Калафатова Л.П. Влияние конструктивных особенностей нежестких корпусных деталей на изменение их динамической жесткости при механической обработке: монография / Л.П. Калафатова, С.А. Поезд; Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 92. – Донецьк:ДонНТУ, 2006. – 124с.

22. Куклев Л. С. Оснастка для обработки нежестких деталей высокой точности: монография / Л. С. Куклев, Н. М. Тазетдинов. – Москва: Машиностроение, 1978.– 104с.:ил.

23. Лицов А.Е. Разработка расчетного метода определения технологических условий конечного фрезерования мало жестких сложнопрофильных деталей с учетом их деформаций: Дис.... канд.техн.наук: 05.02.08 /Лицов Алексей Евгеньевич. – М.: РГБ, 2005. – 156с.

24. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В.М. Кован , В.С. Корсаков, А.Г. Косилова, М.А. Калинин; ред. Корсакова В. С. – 3-е изд., Доп. и перераб. – М :Машиностроение, 1977. – 415с.

25. Сателя Е.А. Проблемы развития технологии машиностроения: учеб. пособие / Е.А. Сателя. – М.: Машиностроение, 1968. – 592с

26. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.900260) усіх форм навчання. / ЗНТУ; улад.: В. К. Яценко, В. І. Ципак, Є. Я. Коренєвський [та ін]. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. – 245.

27. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (освітня програма «Технологія машинобудування»); 133 «Галузеве машинобудування» (освітня програма «Металорізальні верстати та системи»); 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (освітня програма «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок») / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 – 28 стор.

28. Шоботов В. М. Цивільна оборона : Навчальний посібник / В. М. Шоботов. – Вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

29. Журавель М. О., Курков О. Б. Розрахунок зон ураження від вибухів і пожеж, що виникли у наслідок надзвичайної ситуації техногенного характеру або терористичного акту : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2017. 16 с.

30. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання. Укл.: М. І. Лазуткін, М. О. Журавель - Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018 р. – 44 с.

Формат Зача Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					Лист
Лист. листен.		<u>Документация</u>			
	A1	Сборочный чертеж			
	Лист. №		<u>Детали</u>		
		1	Верхняя плита	1	
		2	Втулка	1	
		3	Гильза	1	
		4	Карпус	1	
		5	Кришка пневмоцилиндра	1	
		6	Плита	1	
		7	Плита установоча	1	
		8	Поршень	1	
		9	Проміжна втулка	1	
10		Трубка підводу повітря	1		
11		Трубка стравлення	1		
12	Шток	1			
Лист. и дата		<u>Стандартные изделия</u>			
	15	Болт М6-6dх22 ГОСТ 7817-80	6		
	16	Болт М6-6dх17 ГОСТ 7802-81	6		
	17	Болт М6-17 ГОСТ 7802-81	6		
	18	Болт 2М20х1,5-6х55 ОСТ92-4694-86	1		
	НУЗП 298522.029				
	Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
	Разраб.	Кайколов В.Ю.			
	Проб.	Козлова О.Б.			
	Исполн.	Степанов Д.М.			
	Утв.	Дядя С.І.			
	НУЗП зр. М-118м				

Копировал

Формат А4

Формат Зона Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.								
												Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
		<u>Документация</u>																		
A1		Складальне креслення																		
		<u>Детали</u>																		
		Втулка	1																	
		Каромисла	1																	
		Корпус індикатора	1																	
		Наконечник	1																	
		Планка	1																	
		Плита	1																	
		Ралик	2																	
		Стакан	1																	
		Стійка	1																	
		<u>Стандартные изделия</u>																		
		Гвинт 10x12 ГОСТ 28962-91	2																	
		Гвинт М10x6x60,58 ГОСТ 29562-92	1																	
		Пружина 1086-0786 ГОСТ 18793-80	1																	
												НУЗП 401386.029								
												Приспосовання для контролю биття								
												Лит.			Лист			Листов		
												1			1					
												НУЗП зр. М-118м								
												Формат А4								
												Копиравал								
												Формат А4								