

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Тидвеееенея еееектеееее сеееее сеееее-
ннх оеееееее (вказати тему дипломного проекту (роботи)) ~~закреплення шестерок в корпусі~~
Студент (ка) Резоранко О.С.

Спеціальність 131 Трехмерная механика
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 2, 45 А1

Кількість сторінок пояснювальної записки 122 стор.

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

спроектировано механізм з двох процесів
виробництва деталей «Покриваючий
диск». Спроектують та розробляють
верстатини та конструюють механізми
зубчатого.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

проекти повністю відповідає
завданню

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

розроблені роботи, відповідають
основним досягненням науки
і техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) на корпусі
готовий не можна бачи першої
механічної операції. 2. Нема штифів.

д) позитивні особливості на операційних картках.
повністю розроблено всі поставлені
завдання

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

графічне оформлення та пояс-

нормативна документа оформити
згідно рекомендаційних стандартів.

є) відгук про проект (роботу) загалом
визначити проект відповідає
заданням.

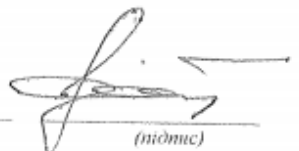
ж) інші зауваження немає

з) оцінка проекту (роботи) специфічній Керівницю О.С.
досліджує оцінку "визначено".

Рецензію склав

доц. Керова О.Б.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

«3» 12 20 19 р.

[11:44:17] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200056 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:44:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:44:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:45:16] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:45:24] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:45:25] Тип проверки: *Стандартная*

[11:45:25] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 23%)**

[11:45:25] Уникальность текста 88%[®] (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Федоренко О.С., 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)

технологій машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

дружні „магістерський”

(ступінь вищої освіти)

на тему Підвищення ефективності швартових операцій
закручування гвинтів кранів в отвори

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи М-148м

Спеціальності 131 прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

технологій машинобудування

Годоренко О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет машинобудівний
 Кафедра технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти (магістерський) другий
 Спеціальність 131 прикладна механіка
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудування
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Г. М. Б.
Дерес
 « 03 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Редоренко Олексій Сергійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) підвищення ефективності виконання операції закривання внутрішнього кромка в отворах

керівник проекту (роботи) Степанов Дмитро Миколайович стар викладач
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 416

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 3 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робота креслення деталі „Покриваю-
 щий диск другої ступіні ротора турбіни компресора двигуна ТВ3-117”,
 різка програма випуску N=1500 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1-Механізм застосування 2-Конструкторська записка 3-Автоматизація, 4-Розрахунок деталі на міцність 5-Підвищення ефективності виконання операції закривання внутрішнього кромка в отворі 6-Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів 7-Охорона праці та безпеки у надзвичайній ситуації

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

Креслення: 1) Робота креслення деталі 2) Креслення заготовки 3) Картириш виготовлення деталі 4) Креслення робочої приготування 5) Креслення контрольного приготування 6) Математичні моделі

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Технол. частини	Степанов Д.М. стар. викл.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
Конструкт. част.	Степанов Д.М. стар. викл.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
Автоматизація	Степанов Д.М. стар. викл.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
Вироб. на місц.	Степанов Д.М. стар. викл.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
Спец. завдання	Степанов Д.М. стар. викл.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
Охорона праці	Шимченко В.І. доц. к.т.н.	ВЛС 4/10/19	ВЛС 29/11/19
Нормоконтроль	Гермашев А.І. доцент		<i>[підпис]</i>

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частинка "Тех. конструкція" і конструктивних призначень деталі; вибір типу виробництва; аналіз на механізмів; вибір виду і способу отримання деталей з економичним оброблюваності	16.09.2019	
2.	Проектування плану виробн. Проектування МДЖ; розрахунок принципів; розрахунок режимів; технічне керування; розробка операцій за допомогою NX-CAM; оформлення документації	30.09.2019	
3.	Конструкторська частинка. Проектування та розрахунок робітного і контрольного пристосування	07.10.2019	
4.	Автоматизація; розрахунок на міцність	28.10.2019	
5.	Спец. завдання	25.11.2019	
6.	Охорона праці	25.10.2019	
	Нормоконтроль	03.12.2019	
	Презентація проекту зав. кафедри	03.12.2019	
	Висновки	03.12.2019	

Студент(ка)

[підпис]
(підпис)

Редченко О.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

[підпис]
(підпис)

Степанов Д.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 122 с., 62 рис., 13 табл., 2 додатки, 17 джерел.

Об'єкт дослідження – покриваючий диск другої ступені ротора турбіни компресора двигуна ТВЗ-117.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення покриваючого диску другої ступені ротора, підвищення ефективності слюсарних операцій заокруглення гострих кромek в отворах.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі було обрано оптимальний вид заготовки, обладнання та ріжучий інструмент, розроблений вдосконалений маршрут виготовлення деталі, розраховані режими різання та норми часу, за допомогою модуля NX-CAM були отримані графічні зображення та програми обробки токарної, свердлильної та фрезерної операцій, розраховано деталь на міцність, спроектовано робоче та контрольне пристосування, автоматизовано контроль на фрезерних та свердлильних операціях, підвищено ефективність слюсарних операцій, виконаний розрахунок економічної ефективності вдосконалення технологічного процесу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, МАРШРУТ, ПРИПУСКИ, ЕСКІЗ, РОЗМІР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ПРИПУСК, НОРМИ ЧАСУ, ПРИСТОСУВАННЯ, ДАТЧИК, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЧПК, ВУЗОЛ

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	
Вступ.....	
1 Технологічна частина.....	
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.	
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	
1.6 Розрахунок режимів різання.....	
1.7 Технічне нормування операцій.....	
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК за допомогою модуля NX-CAM.....	
1.8.1 Розробка токарної операції.....	
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	
1.8.3 Розробка фрезерної операції.....	
2 Конструкторська частина.....	
2.1 Проектування робочого пристосування.....	
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	
3 Автоматизація контролю на верстаті.....	
4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою модуля NX-CAM...	
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	
4.3 Оптимізація геометрії деталі.....	
5 Підвищення ефективності слюсарних операцій заокруглення гострих кромek в отворах.....	
5.1 Аналіз літературних джерел. Виникаючі проблеми, особливості експлуатації, недоліки існуючих методик тощо.....	

5.2	Можливі шляхи вирішення.....
6	Оцінка економічної ефективності розробки або заходів.....
7	Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.....
7.1	Аналіз потенційних небезпек.....
7.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....
7.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці...
7.4	Заходи з пожежної безпеки.....
7.5	Порядок ліквідації наслідків застосування біологічних засобів..
	Висновки.....
	Перелік посилань.....
	Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....
	Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування.....

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АТ – акціонерне товариство;
ГОСТ – государственный стандарт (державний стандарт);
ДБН – державні будівельні норми;
ДСТУ – державний стандарт України;
ЕЕО – електроерозійна обробка;
ЗОТС – змащувально-охолоджувальна технічна суміш;
ІДП – індивідуальний дегазаційний пакет;
ІПП – індивідуальний протихімічний пакет;
КВМ – контрольно-вимірювальна машина;
КГШП – кривошипний гаряче-штампувальний прес;
КЕ – карта ескізів;
КЗ – карта заготовки;
ЛЛ – люмінесцентні лампи;
МВД – маршрут виготовлення деталі;
МК – маршрутна карта;
МОП – маршрут обробки поверхонь;
МОР – мастильно-охолоджувальна рідина;
МЦХ – масово-центровочні характеристики;
МЮУ – міністерство юстиції України;
НПАОП – нормативно-правові акти з охорони праці;
ОК – операційна карта;
ПАІ – полімерно-абразивний інструмент;
ПБЕ – правила безпеки електроустановок;
ППТЯ – послідовність показників точності і якості;
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;
ПЧПК – пристрій числового програмного керування;
СОУ – стандарт організації України;
ССБП – система стандартів безпеки праці;
ТП – технологічний процес;
ЧПК – числове програмне керування;
ШШ – шліфувальна шкурка;

ВСТУП

Темою магістерської роботи є «Підвищення ефективності слюсарних операцій заокруглення гострих кромek в отворах».

Під час виконання магістерської роботи були застосовані теоретичні знання і практичні навички, що були отримані в процесі навчання в університеті.

Основною проблемою слюсарних операцій є необхідність спеціального обладнання, інструменту та робочого персоналу високого рівня кваліфікації, що підвищує собівартість і час виготовлення деталі.

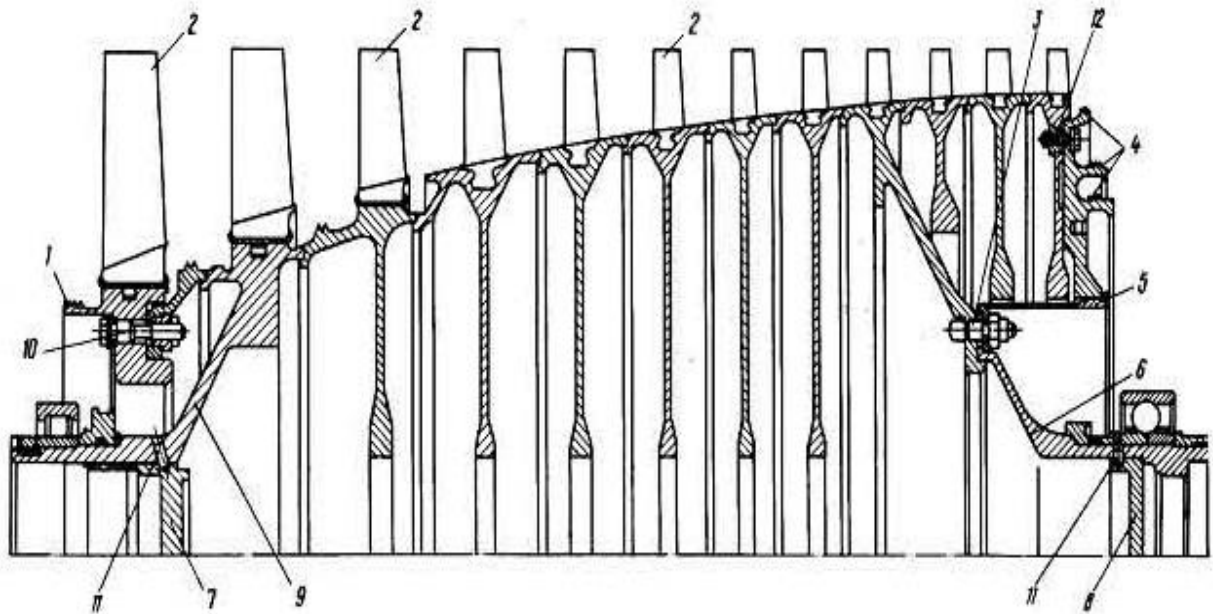
Головним завданням магістерської роботи є підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі та впровадження нових технологій слюсарної обробки деталей за допомогою полімерно-абразивного інструменту. Окрім цього були виконані розрахунки, необхідні для нормування операцій та оформлення технологічної документації.

Оформлення магістерської роботи було здійснено у відповідності з діючим у національному університеті «Запорізька політехніка» (НУЗП) стандартом підприємства СТП 15-96 «Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів. Вимоги і правила оформлення».

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службове призначення деталі

Деталь «Покриваючий диск» входить в другу ступінь ротора турбіни компресора двигуна ТВЗ-117 (рис. 1.1). Вона встановлюється між робочими дисками і забезпечує зниження теплового напруження. Кріпиться деталь по 67 отворам $\varnothing 2^{+0,12}_{+0,06}$ та встановлюється на вал по $\varnothing 190,5^{+0,115}$ (рис. 1.2), також на деталі є повітря-відвідні отвори $\varnothing 3,6$ мм (6 отворів) та $\varnothing 2$ мм (12 отворів) для терморегуляції. На $\varnothing 205$ є лабіринтна канавка для ущільнювача. Пази В=6,5 (12 пазів) служать для полегшення деталі та балансування.



1 – лабіринтне ущільнення; 2 – лопатка; 3 – бовт; 4 – лабіринтне ущільнення; 5 – екран; 6 – задня цапфа; 7 – заглушка; 8 – заглушка; 9 – передня цапфа; 10 – бовт; 11 – штифт; 12 – бовт

Рисунок 1.1– Ротор компресора

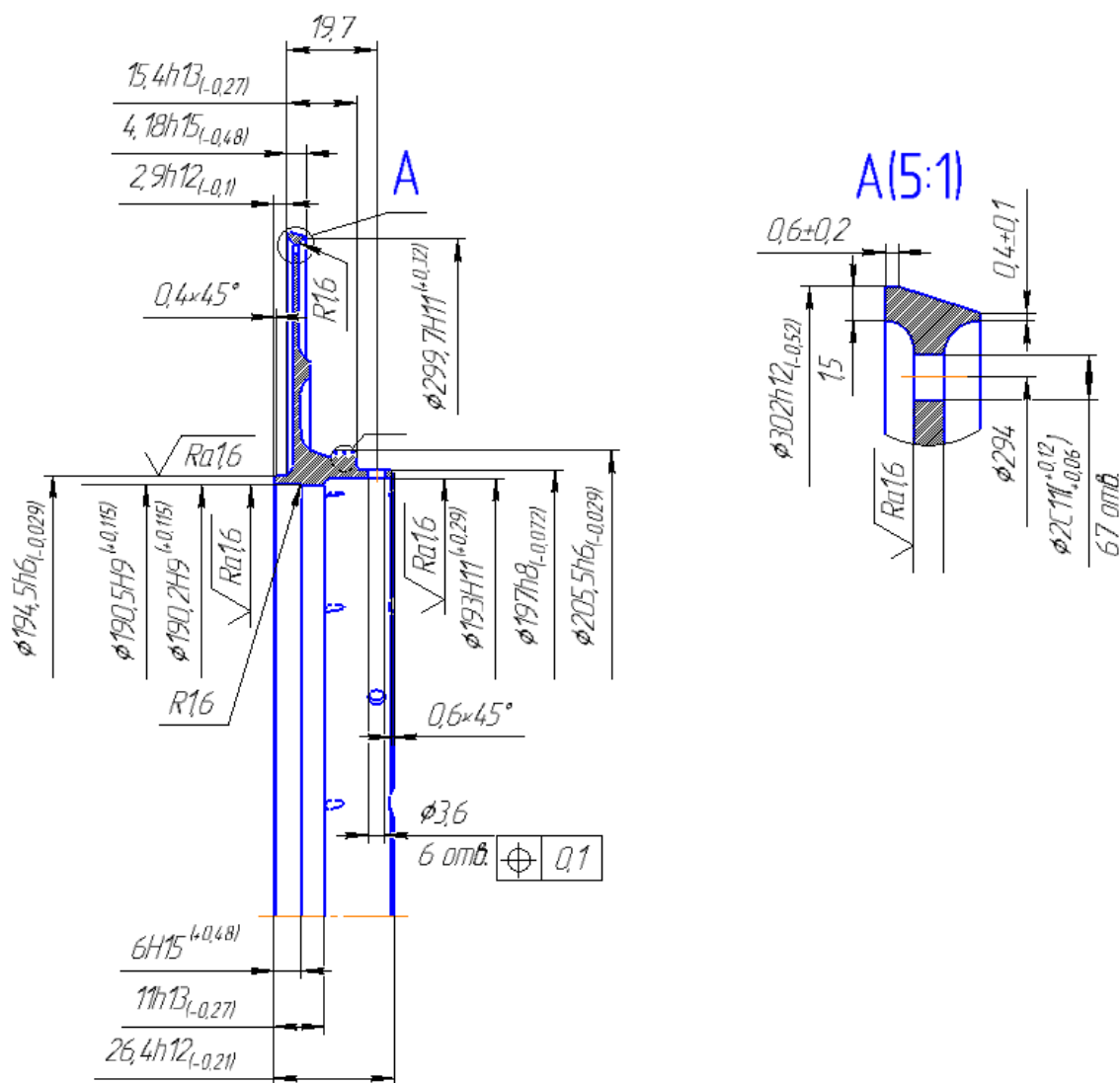


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Покрывающий диск»

Хімічний склад матеріалу приведено в таблиці 1.1

Таблица 1.1 - Хімічний склад матеріалу в %

C	S	P	Mn	Cr	Si	Ce	Fe	Al	B	Ti	Mo	Pb	Nb	Ni
0,03-0,07	≤ 0,007	≤ 0,015	≤ 0,4	13-16	≤ 0,5	≤ 0,005	≤ 2	1,45-1,8	≤ 0,005	2,37-2,75	2,8-3,2	≤ 0,001	1,9-2,2	Залишок

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технологічних і економічних умов здійснення виробничого процесу всі різноманітні виробництва умовно діляться на три основні види: одиничне, серійне і масове.

У кожному з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На даному етапі проектування складно правильно визначити вид виробництва і тому проведемо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масою деталі.

Заздалегідь тип виробництва вибираємо по [1, с. 15], знаючи масу деталі і річну програму випуску.

Враховуючи масу деталі $m=1,14$ кг і річну програму випуску $N=1500$ штук, тип виробництва можна вважати серійним.

Для обробки даної деталі вибираємо потокову форму організації технологічного процесу (ТП).

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

У сучасному виробництві одним з основних напрямів розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними, конструктивними формами, які забезпечують можливість вживання найбільш оптимальних способів обробки. Цей напрям вимагає безперервного підвищення точності заготівки і наближення її конструктивної форми і розмірів до параметрів готової деталі, що дозволяє скоротити об'єм механічної обробки, обмежуючи її чистовими обробними операціями.

У магістерській роботі порівнюються два види методу отримання заготовки: кування на КГШП у закритому штампі (рис.1.3, рис. 1.4) та кування на молотах (рис. 1.5, рис. 1.6).

Масово-центровочні характеристики (МЦХ) деталі «Покриваючий диск» надається на рис. 1.7

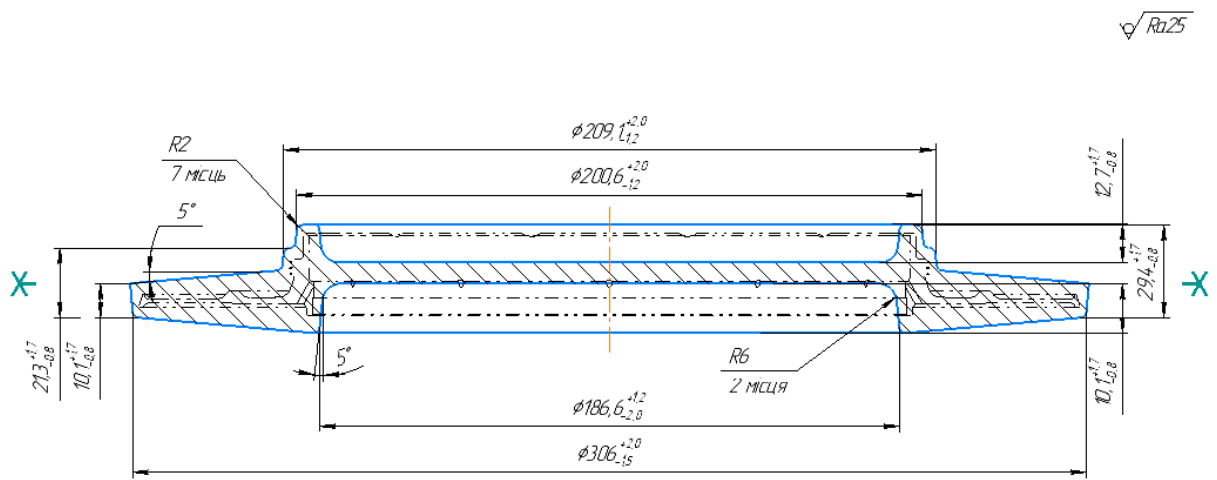


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки отриманої куванням на КГШП у закритому штампі

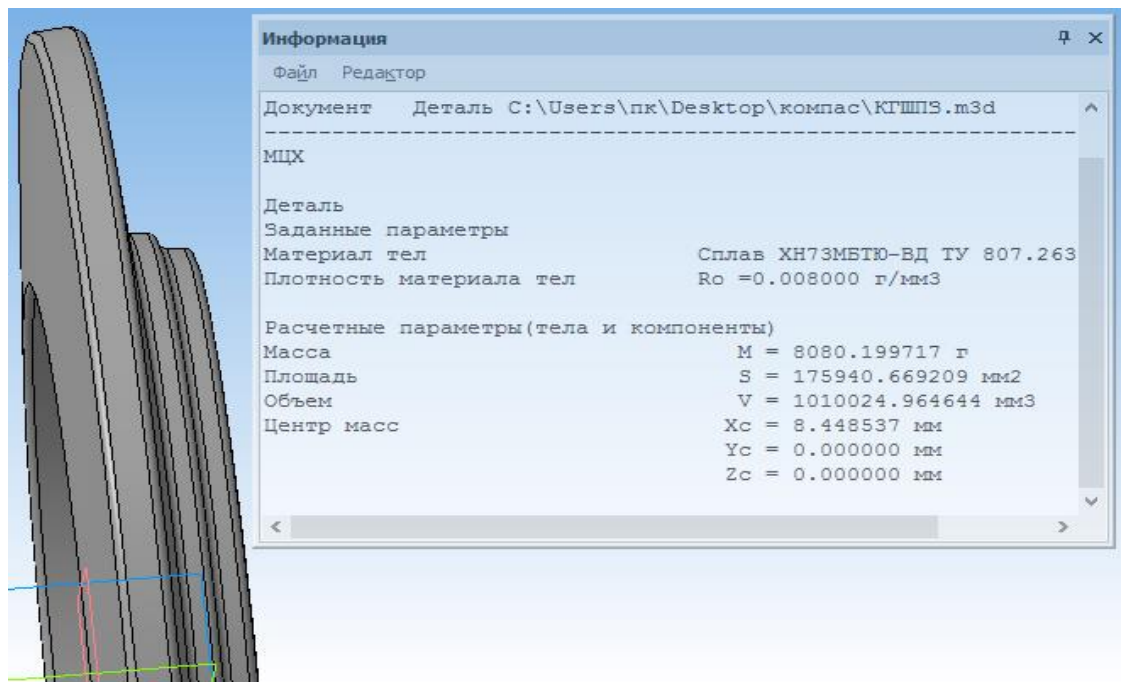


Рисунок 1.4 – МЦХ заготовки отриманої куванням на КГШП у закритому штампі

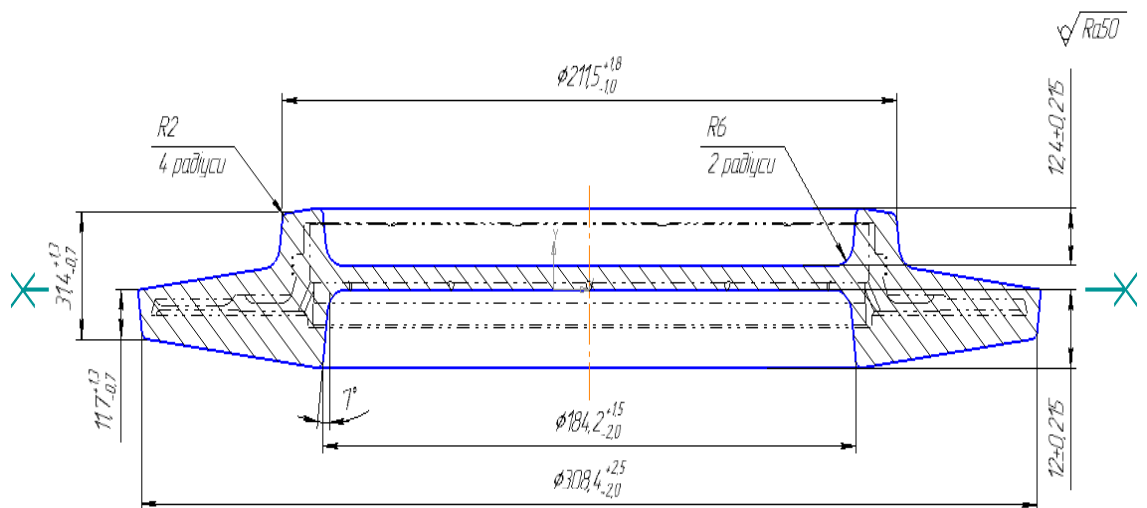


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки отриманої куванням на молотах

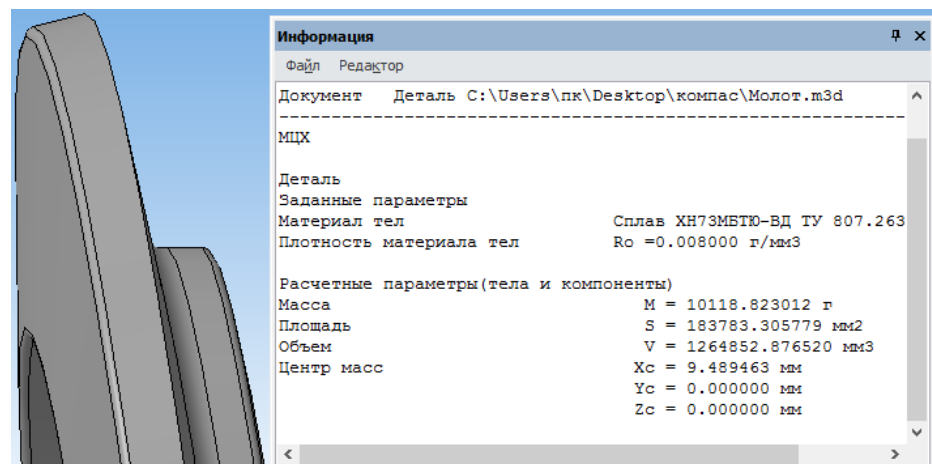


Рисунок 1.6 – МЦХ заготовки отриманої куванням на молотах

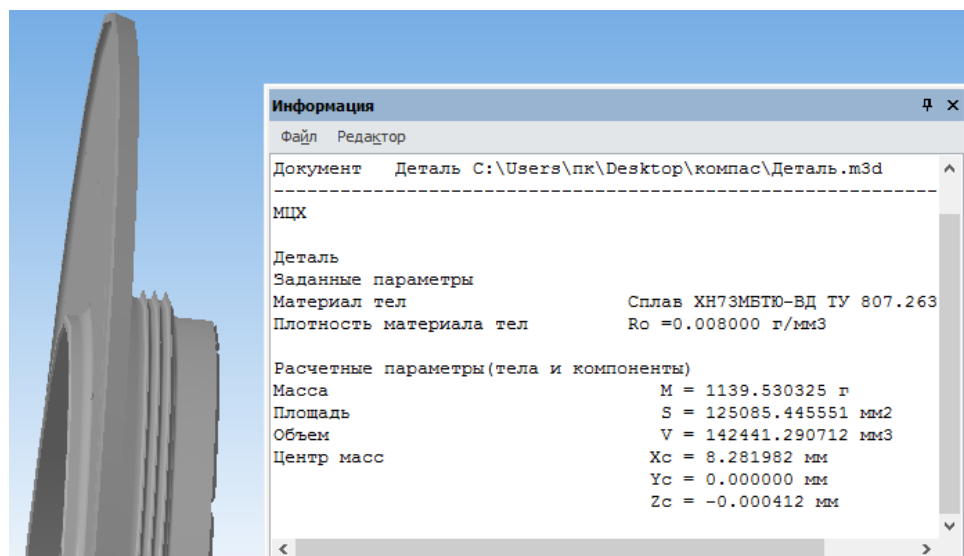


Рисунок 1.7 – МЦХ деталі «Покриваючий диск»

Розрахункові розміри заготовок та припуски заносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Таблиця припусків

Розмір	Припуск на бік		Отриманий розмір	
	КГШП	Молот	КГШП	Молот
Ø302	2,0	3,2	306	308,4
7,08	1,5	2,3	10,1	11,7
18,3	1,5	2,3	21,3	-
26,4	1,5	2,3	29,4	31
Ø190,2	1,8	3,0	186,6	184,2
Ø197	1,8	3,0	200,6	-
Ø205,5	1,8	3,0	209,1	211,5

Товщина перемички розраховується по формулі (1.1):

$$S = 0,45\sqrt{d_{\text{оч}} - 0,25h - 5} + 0,6, \quad (1.1)$$

де $d_{\text{оч}}$ – фактичний діаметр отвору з урахуванням припуску;

h – відстань до перемички.

$$S_1 = 0,45\sqrt{186,6 - 0,25 \times 15,4 - 5} + 0,6 = 6,6 \text{ мм}$$

$$S_2 = 0,45\sqrt{184,2 - 0,25 \times 15,4 - 5} + 0,6 = 6,6 \text{ мм}$$

Вихідними даними для порівняльного аналізу є: матеріал – жароміцний сплав на нікелевій основі ХН73МБТЮ-ВД; маса деталі 1,14 кг.

Річна програма: 1500шт.

Маса заготовки отриманої на КГШП у закритому штампі – 8,08 кг, клас точності поковки – Т2, ступінь складності - С4, група сталі – М3, вихідний індекс – 11.

Маса заготовки, отриманої куванням на молотах – 10,11 кг, клас точності поковки – Т5, ступінь складності - С4, група сталі – М3, вихідний індекс – 16.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається по формулі (1.2):

$$K_{\text{в.м}} = q/Q, \quad (1.2)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки.

$$K_{\text{в.м1}} = \frac{1,14}{8,08} = 0,14;$$

$$K_{\text{в.м2}} = \frac{1,14}{10,11} = 0,1$$

Витрати на виготовлення однієї заготовки визначаються по формулі (1.3):

$$B = \frac{B_{\delta}}{1000} \times Q \times K_3 \times K_m \times K_e \times K_m \times K_n - (Q - q) \times \frac{B_{\delta dx}}{1000}, \quad (1.3)$$

де B_{δ} – базова оптова вартість однієї тонни металу, грн./т;

$B_{\delta dx}$ – вартість однієї тонни стружки, грн./т;

K_3, K_m, K_e, K_m, K_n – коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску призначаю за [2, с.18-19, таб. 1.24-1.27].

Для заготовок отриманих на КГШП у закритому штампі:

$$B_1 = \frac{150000}{1000} \times 8,08 \times 1 \times 1,8 \times 1,12 \times 1,25 \times 0,8 - (8,08 - 1,14) \times \frac{30000}{1000} = 2235,19 \text{ грн}$$

Для заготовок отриманих куванням на молотах:

$$B_2 = \frac{150000}{1000} \times 10,11 \times 0,9 \times 1,8 \times 1,12 \times 1,25 \times 0,8 - (10,11 - 1,14) \times \frac{30000}{1000} = 2482,44 \text{ грн}$$

Оскільки $B_2 > B_1$ і $K_{e.m2} < K_{e.m1}$, то перший спосіб отримання заготовки (штампування у закритому штампі) є більш доцільним.

Розраховуємо річну економію по собівартості по формулі (1.4):

$$\mathcal{E} = (B_2 - B_1) \times N, \quad (1.4)$$

де $N = 1500 \text{ шт}$ – річна програма випуску заготовок.

$$\mathcal{E} = (2482,44 - 2235,19) \times 1500 = 370875 \text{ грн}$$

Розраховуємо річну економію матеріалу по формулі (1.5):

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{q \times (K_{e.m2} - K_{e.m1})}{K_{e.m1} \times K_{e.m2}} \times N, \quad (1.5)$$

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{1,14 \times (0,14 - 0,11)}{0,14 \times 0,11} \times 1500 = 3331,17 \text{ кг}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 1.3

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Види заготовок	
			КГШП	Молот
Вага заготовки	Q	кг	8,08	10,11
Базова вартість 1т заготовки	B_0	грн	150000	
Коефіцієнти	K_C	-	1,12	
	K_M		1,8	
	K_B		1,25	
	K_T		1,0	0,9
	K_{II}		0,8	
Вартість 1 т стружки	Ввідх	грн	30000	
Вартість однієї заготовки	B	грн	2235,19	2482,44
Коефіцієнт використання матеріалу	KBM	-	0,14	0,11

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей, які виявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації і ремонті порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації і ремонту (ГОСТ 18831-73).

Існують загальні ознаки технологічності конструкції деталі: мінімальні витрати матеріалу, оброблювання матеріалу, простота геометричних форм поверхонь, простота отримання заготовки, зручність обробки і вимірювання поверхонь.

Технологічність конструкції деталі визначають шляхом якісної оцінки ознак технологічності.

Робоче креслення деталі – «Покриваючий диск», містить всю необхідну інформацію для загального представлення форми і розміру деталі.

Матеріал виготовлення – сплав ХН73МБТЮ-ВД, що належить до ХІ групи. Оброблювання матеріалу погане.

Заготовку для виготовлення даної деталі можна отримати одним з наступних способів: куванням на КГШП, куванням на молотах.

Контроль розмірів деталі здійснюється стандартними контрольними пристосуваннями.

Робоче креслення містить також вимоги твердості матеріалу, маси заготовки, методу отримання, допуски відхилення поверхонь.

Креслення деталі містить всі необхідні відомості, необхідні для проектування технологічного процесу:

- деталь є не типовою і, отже, вимагає додаткових витрат на розробку технологічного процесу і не дозволяє використання типового технологічного процесу;

- вимірювальні бази на більшості операцій співпадають з технологічними;

- обробка деталі вимагає спеціального інструменту;

- контроль більшості поверхонь можна здійснити стандартним вимірювальним інструментом.

Аналіз деталі на технологічність за допомогою кількісних ознак.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$K_{B3} = 0,14 < 0,8$$

Коефіцієнт уніфікації визначається по формулі (1.6):

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} > 0,6, \quad (1.6)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_{ye} = \frac{6}{28} = 0,21 < 0,6$$

Коефіцієнт шорсткості визначається по формулі (1.7):

$$K_{III} = 1 - \frac{1}{B_{сер}}, \quad (1.7)$$

де $B_{сер}$ – середнє значення показника шорсткості, Ra

$$K_{III} = 1 - \frac{1}{B_{сер}} = 1 - \frac{1}{2,9} = 0,65$$

Коефіцієнт точності обробки визначається по формулі (1.8):

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8, \quad (1.8)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності розміру.

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,6} = 0,92 > 0,8$$

По перерахованих вище якісних оцінках, і по відповідності кількісних показників, робимо висновок що конструкція не технологічна.

Дані, використані для розрахунку коефіцієнтів, заносимо до таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку

Поверхня	Розмір	Квалітет	Шорсткість/клас шорсткості	Уніфікованість
1	Ø302	h12	Ra3,2/5	-
2	Ø299,7	H11	Ra3,2/5	+
3	Ø242	js16	Ra3,2/5	-
4	Ø205,5	h6	Ra3,2/5	-
5	Ø197	h8	Ra1,6/6	+
6	Ø193	H11	Ra1,6/6	-
7	Ø194,5	h6	Ra1,6/6	+
8	Ø190,5	H9	Ra1,6/6	+
9	Ø190,2	H9	Ra3,2/5	+
10	Ø3,6	H14	Ra3,2/5	-
11	Ø2	H14	Ra3,2/5	-
12	Ø2	C11	Ra 3,2/5	+
13	26,4	h12	Ra3,2/5	-
14	11	h13	Ra3,2/5	-
15	6	H15	Ra3,2/5	-
16	4,18	h15	Ra3,2/5	-
17	15,4	h13	Ra3,2/5	-
18	4,05	H14	Ra3,2/6	-
19	2,2	H14	Ra3,2/5	-
20	1,85	h15	Ra3,2/5	-
21	0,15	H15	Ra3,2/5	-
22	0,8	H15	Ra3,2/5	-

Продовження таблиці 1.4

Поверхня	Розмір	Квалітет	Шорсткість/клас шорсткості	Уніфікованість
23	4	H15	Ra3,2/5	-
24	1,5	H14	Ra3,2/5	-
25	0,2	h14	Ra3,2/5	-
26	0,1	H15	Ra3,2/5	-
27	0,6	h15	Ra3,2/5	-
28	0,4	h13	Ra3,2/5	-

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Необхідні для подальшого розрахунку показники точності і якості поверхонь заносимо до таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Показники точності і якості поверхонь деталі

Геометричні параметри	Характеристики поверхні		Показники			
			Квалітет		Шорсткість Ra, мкм	
	Вид	Тип	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.
Ø194,5	Зовн.	Цил.	H6	IT17	1,6	25
Ø190,5	Внутр.	Цил.	H9	IT17	1,6	25

Для розміру Ø194,5 мм

$$\varepsilon_{TD} = \frac{Td_3}{Td_d} = \frac{4,6}{0,029} = 158,6$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} = \frac{25}{1,6} = 15,62$$

Розрахунок кількості переходів ведемо по ε_{TD}

$$K = 2lg\varepsilon = 4,4$$

Приймаємо $K=4$ з урахуванням того, що задані параметри можливо отримати за 4 операції.

Різниця показників

$$\begin{aligned}
IT17 - h6 &= 11 \\
11 &= 5 + 2 + 2 + 2 (\text{приймаємо}) \\
IT17 &\rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow h6 \\
Ra25 &\rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1.6
\end{aligned}$$

Для розміру $\varnothing 190,5$ мм

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{TD} &= \frac{Td_3}{Td_d} = \frac{4,6}{0,115} = 40 \\
\varepsilon_{Ra} &= \frac{Ra_3}{Ra_d} = \frac{25}{1,6} = 15,62
\end{aligned}$$

Розрахунок кількості переходів ведемо по ε_{TD}

$$K = 2lg\varepsilon = 3,2$$

Приймаємо $K=3$ з урахуванням того, що задані параметри можливо отримати за 3 операції.

Різниця показників

$$\begin{aligned}
IT17 - H9 &= 8 \\
8 &= 5 + 2 + 1 (\text{приймаємо}) \\
IT17 &\rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H9 \\
Ra25 &\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1.6
\end{aligned}$$

Отримані дані заносимо до таблиці 1.6, також заносимо значення параметрів і уточнень по переходах

Таблиця 1.6 – Отримані дані

Характеристика показниківточності	j	ϵ_j	Кількість перех.		Різниця показн. ПШТК	МОП		Допуски		Уточнення	
			Розр.	Прийн.		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість, Ra	Розмір	Шорсткість, Ra
Ø302 _(-0,52)	Td	10			IT17-h12=5 5=4+1 IT17→h13→h12	1	Заготовка штам-ка Точіння чорнове Точіння чистов	5200	25	-	-
	Ra	7,8	2	2		2		810	6,3	6,4	3,9
						3		520	3,2	1,6	2
Ø299,7 ^(+0,32)	Td	16,25			IT17-H11=6 6=5+1 IT17→H12→H11	1	Заготовка штам-ка Точіннячорнове Точіння чистове	-	-	-	-
	Ra	7,8	2,4	2		2		520	6,3	-	-
						3		320	3,2	-	-
Ø242(±1,5)	Td	1,7			Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	1	Заготовка штам-ка Точіннячорнове Точіння чистове	-	-	-	-
	Ra	7,8	1,8	2		2		4600	6,3	-	-
						3		3000	3,2	-	-
Ø205,5 _(-0,029)	Td	158,6			IT17-h6=11 11=5+2+2+2 IT17→h12→h10→h8 →h6	1	Заготовка штам-ка Точіннячорнове Точіння чистове Точіння тонке Шлифуваннянапів.	4600	25	-	-
	Ra	7,8	4,4	4		2		460	12,5	10	2
						3		185	6,3	2,5	2
						4		72	3,2	2,5	2
						5		29	3,2	2,4	0
Ø197 _(-0,072)	Td	63,9			IT17-h8=9 9=3+2+2+2 IT17→h14→h12→h10 →h8	1	Заготовка штам-ка Точіннячорнове Точіння чистове Точіння тонке Шлифуваннянапів.	4600	25	-	-
	Ra	15,6	3,6	4		2		1150	12,5	4	2
						3		460	6,3	2,5	2
						4		185	3,2	2,5	2
						5		72	1,6	2,5	2

Продовження таблиці 1.6

Характеристика показників точності	j	ϵ_j	Кількість перех.		Різниця показн. ППТК	МОП	Допуски		Уточнення	
			Розр.	Прийн.			Розмір	Шорсткість, Ra	Розмір	Шорсткість, Ra
$\varnothing 193^{(+0,29)}$	Td	15,8			IT17-H11=6 6=3+2+1 IT17→H14→H12→H11	Заготовка штам-ка Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	-	-	-	-
	Ra	15,6	2,4	3			1150	6,3	-	-
							460	3,2	-	-
							290	1,6	-	-
$\varnothing 194,5^{(-0,029)}$	Td	158,6			IT17-h6=11 11=5+2+2+2 IT17→h12→h10→h8 →h6	Заготовка штам-ка Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Шлифування напів.	-	-	-	-
	Ra	7,8	4,4	4			460	12,5	-	-
							185	6,3	-	-
							72	3,2	-	-
							29	1,6	-	-
$\varnothing 190,5^{(+0,115)}$	Td	40			IT17-H9=8 8=5+2+1 IT17→H12→H10→H9	Заготовка штам-ка Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	-	-	-	-
	Ra	15,6	3,2	3			460	6,3	-	-
							185	3,2	-	-
							115	1,6	-	-
$\varnothing 190,2^{(+0,115)}$	Td	40			IT17-H9=8 8=5+2+1 IT17→H12→H10→H9	Заготовка штам-ка Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	4600	25	-	-
	Ra	7,8	3,2	3			460	12,5	10	2
							185	6,3	2,5	2
							115	3,2	1,6	2
$\varnothing 3,6^{(+0,3)}$	Td	-			-	Заготовка штам-ка Свердлення	-	-	-	-
	Ra	-	-	1			300	3,2	-	-

Продовження таблиці 1.6

Характеристика показників точності	j	ε _j	Кількість перех.		Різниця показн. ППТК	МОП	Допуски		Уточнення	
			Розр.	Прийн.			Розмір	Шорсткість, Ra	Розмір	Шорсткість, Ra
Ø2 ^(+0,3)	Td	-	-	1	-	Заготовка штам-ка Свердлення	-	-	-	-
	Ra	-	-	1			300	3,2	-	-
Ø2 ^(+0,12) _(-0,06)	Td	-	-	1	-	Заготовка штам-ка Свердлення	-	-	-	-
	Ra	-	-	1			180	3,2	-	-
26,4 _(-0,21)	Td	10	2	2	IT17-h12=5 5=3+2 IT17→h14→h12	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	2100	25	-	-
	Ra	520					6,3	-	-	
		210					3,2	-	-	
11 _(-0,24)	Td	7,5	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	-	-	-
	Ra	460					12,5	-	-	
		185					6,3	-	-	
6 ^(+0,58)	Td	2,58	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	-	-	-
	Ra	900					6,3	-	-	
		580					3,2	-	-	
4,18 _(-0,48)	Td	2,5	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	-	-	-
	Ra	750					6,3	-	-	
		480					3,2	-	-	

Продовження таблиці 1.6

Характеристика показників точності	j	ϵ_j	Кількість перех.		Різниця показн. ППТК	МОП		Допуски		Уточнення	
			Розр.	Прийн.		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість, Ra	Розмір	Шорсткість, Ra
15,4 _(-0,24)	Td	7,5	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	1	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	- 6,3 3,2	-	- - -
	Ra	7,8				2		840		-	
						3		240		-	
4,05 ^(+0,3)	Td	4	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	2	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	- 6,3 3,2	-	- - -
	Ra	7,8				3		480		-	
								300		-	
2,2 ^(+0,3)	Td	4	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	1	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	- 6,3 3,2	-	- - -
	Ra	7,8				2		480		-	
						3		300		-	
6,5 ^(+1,5)	Td	-	-	1	-	1	Заготовка штам-ка Фрезерування	-	- 3,2	-	- -
	Ra	-				2		1500		-	
4 ^(+0,48)	Td	2,5	1,8	2	Ra25-Ra3,2=21,8 21,8=18,7+3,1 Ra25→Ra6,3→Ra3,2	1	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове	-	- 6,3 3,2	-	- - -
	Ra	7,8				2		750		-	
						3		480		-	
1,85 ^(+0,25) _(-0,19)	Td	2,7	2,4	3	Ra25-Ra1,6=23,4 23,5=18,7+3,1+1,6 Ra25→Ra6,3→Ra3,2→Ra1,6	1	Заготовка штам-ка Підрізання чорнове Підрізання чистове Підрізання тонке	-	- 6,3 3,2 1,6	-	- - - -
	Ra	15,6				2		1200		-	
						3		750		-	
						4		440		-	

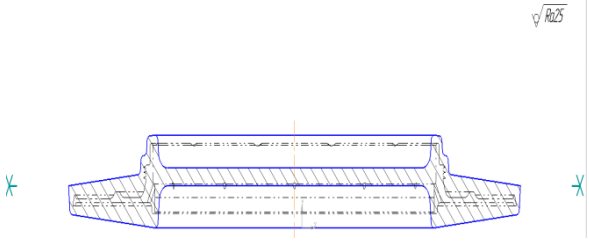
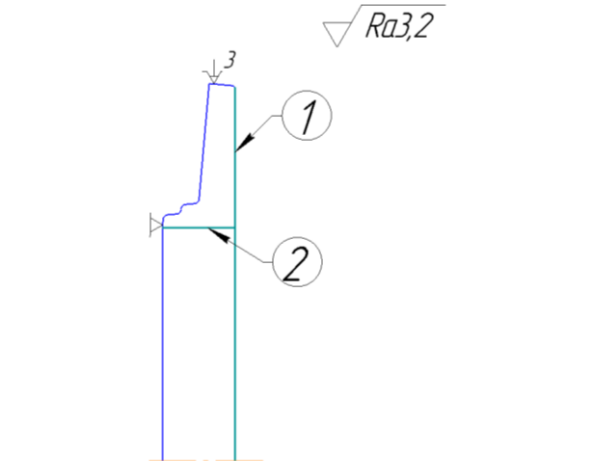
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головну задачу технології – забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих дій на навколишнє середовище. Технологічні основи рішення цієї задачі закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), а організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

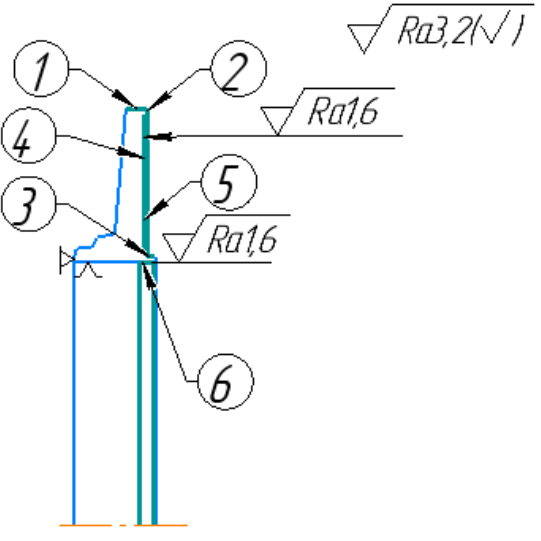
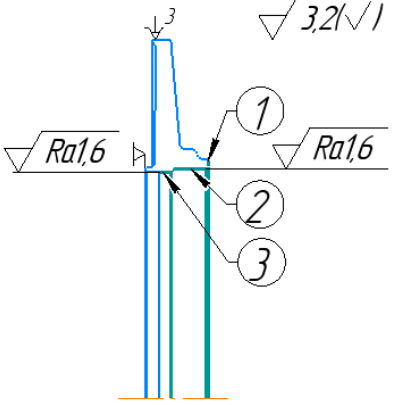
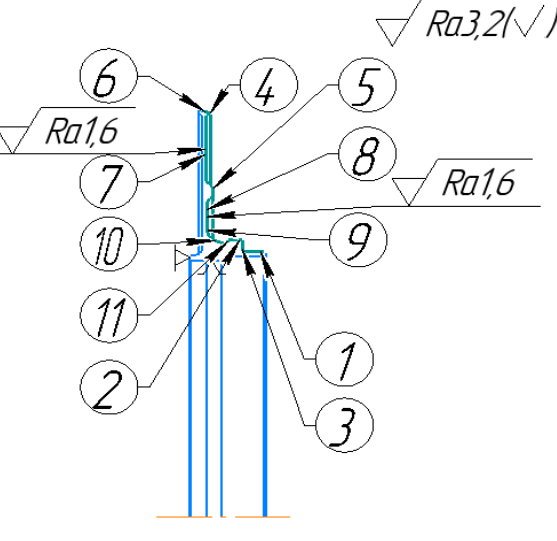
Маршрут виготовлення деталі – це загальний план, в якому на основі компоновки раніше розроблених МОП встановлений склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказані тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, приведені вхідні і початкові характеристики оброблюваних поверхонь і т.п.

Виконуємо МВД у вигляді таблиці 1.7

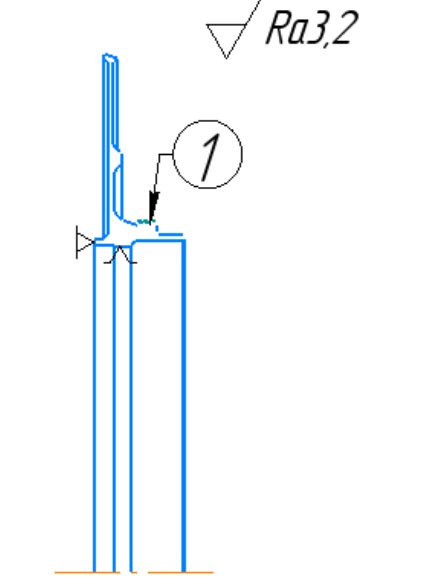
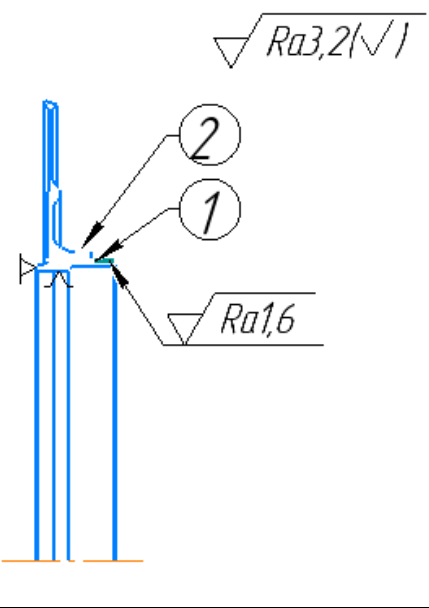
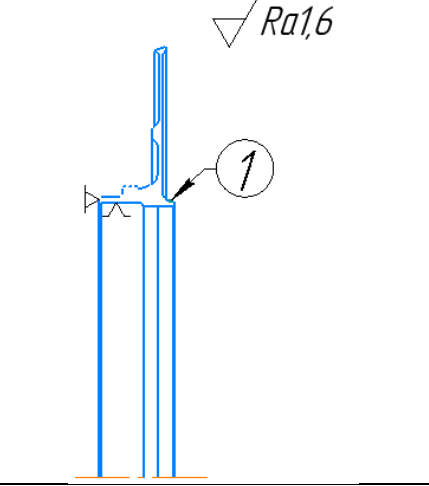
Таблиця 1.7 – Розробка маршруту виготовлення деталі

№ оп.	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
005	Заготівельна	КГШП	
010	Токарна з ЧПК: 1) Точити поверхні 1,2 начорно 2) Точити торець 1 начисто	Токарний верстат з ЧПК: 16A20Ф3	

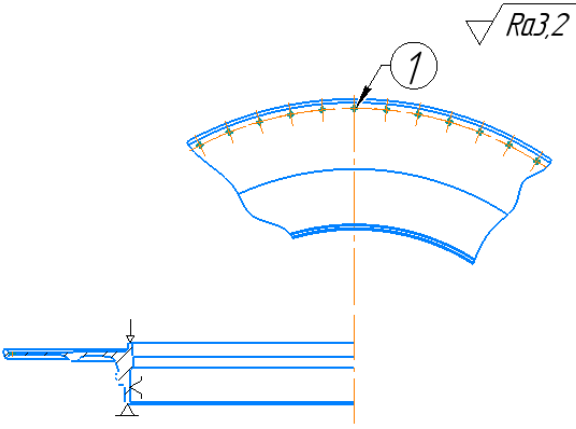
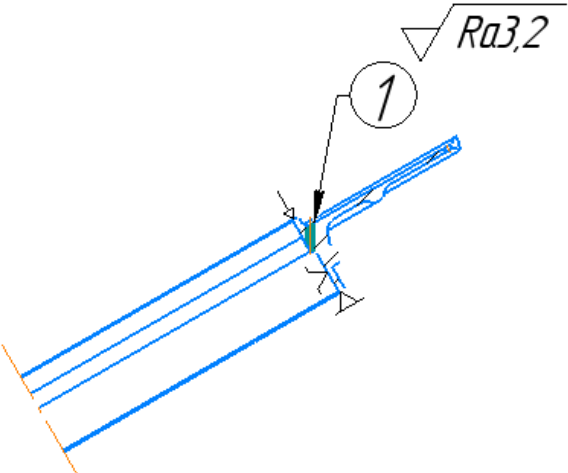
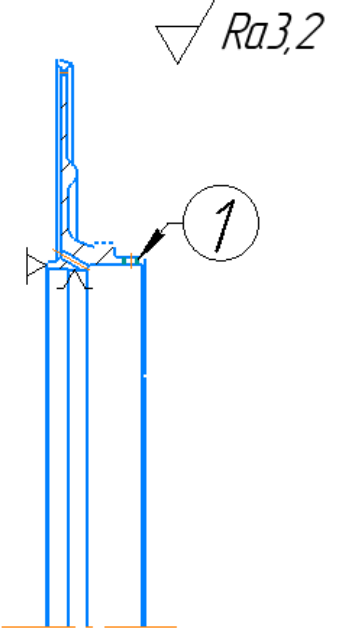
Продовження таблиці 1.7

№ оп.	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
015	Токарна з ЧПК: 1) Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 начорно 2) Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6 начисто 3) Точити поверхні 3, 4, 6 тонко	Токарний верстат з ЧПК: 16A20Ф3	
020	Токарна з ЧПК: 1) Точити поверхні 1, 2 начорно 2) Точити поверхні 1, 2, 3 начисто 3) Точити поверхні 2, 3 тонко	Токарний верстат з ЧПК: 16A20Ф3	
025	Токарна з ЧПК: 1) Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 начорно 2) Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 начисто 3) Точити поверхні 1, 2, 7, 8 тонко	Токарний верстат з ЧПК: 16A20Ф3	

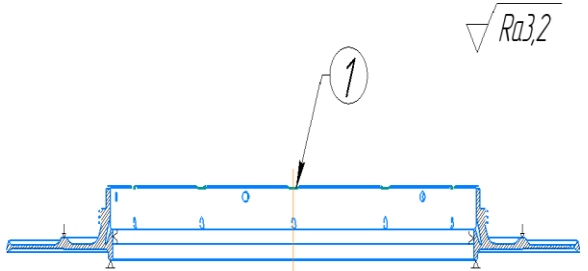
Продовження таблиці 1.7

№ оп.	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
030	Токарна з ЧПК: 1) Точити поверхню 1 начисто	Токарний верстат з ЧПК: 16A20Ф3	
035	Кругло-шліфувальна 1) Шліфувати поверхні 1, 2	Кругло-шліфувальний верстат: 3М174	
040	Кругло-шліфувальна 1) Шліфувати поверхню 1	Кругло-шліфувальний верстат: 3М174	

Продовження таблиці 1.7

№ оп.	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
045	Свердлильна з ЧПК: 1) Свердли 67 отворів (1) по програмі 2) Зенкерувати 67 отворів (1) по програмі	Обробний центр: VMC850E	
050	Свердлильна з ЧПК: 1) Свердли 12 отворів (1) по програмі	Обробний центр: VMC850E	
055	Вертикально-свердлильна: 1) Свердли 6 отв. (1) по черзі	Вертикально-свердильний верстат: 2Н150	

Продовження таблиці 1.7

№ оп.	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
060	Фрезерна з ЧПК: 1) Фрезерувати 12 пазів (1) по програмі	Обробний центр: VMC850E	
065	Слюсарна	Спеціальна установка	
070	Мийна	Машина мийна	
075	Контрольна	Стіл контролера	

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуск – це шар матеріалу, який необхідно видалити з поверхні заготовки з метою отримання деталі.

Розрахунково-аналітичним методом робимо розрахунок для розміру $\varnothing 194,5h6(-0,029)$.

Оскільки в заготовці даний розмір відсутній, параметри заготовки в розрахунок не приймаються.

Визначаємо припуски по переходам.

По [3, с.187-188, т.24] обираю h , мкм:

$h_2=240$ – для чорнового точіння;

$h_3=40$ – для чистового точіння;

$h_4=5$ – для тонкого точіння;

$h_5=5$ – для шліфування.

Rz вибираємо з послідовності показників точності і якості (ППТЯ):

$Rz_2=50$ – для чорнового точіння;

$Rz_3=25,2$ – для чистового точіння;

$Rz_4=12,8$ – для тонкого точіння;

$Rz_5=6,4$ – для шліфування.

Похибку базування ε , при обробці на оправці без вивірки визначаємо по [3, с.41, т.12]: $\varepsilon=10$

Визначаємо мінімальні припуски $2Z_i^{min}$, мкм по формулі (1.9):

$$2Z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.9)$$

$$2Z_3^{min} = 2(50 + 240 + \sqrt{10^2}) = 600 \text{ мкм}$$

$$2Z_4^{min} = 2(25,2 + 40 + \sqrt{10^2}) = 150,4 \text{ мкм}$$

$$2Z_5^{min} = 2(12,8 + 5 + \sqrt{10^2}) = 55,6 \text{ мкм}$$

Визначаємо номінальний припуск $2Z_i^H$, мм по формулі (1.10):

$$2Z_i^H = 2Z_i^{min} + Td_{i-1}, \quad (1.10)$$

$$2Z_3^H = 0,6 + 0,46 = 1,06 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0,15 + 0,185 = 0,335 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 0,055 + 0,072 = 0,127 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальний розмір d_i^H , мм:

$$d_5^H = 194,5 \text{ мм} - \text{виходячи з креслення деталі};$$

$$d_4^H = d_5^H + 2Z_5^H = 194,5 + 0,127 = 194,627 \text{ мм}$$

$$d_3^H = d_4^H + 2Z_4^H = 194,627 + 0,335 = 194,962 \text{ мм}$$

$$d_2^H = d_3^H + 2Z_3^H = 194,962 + 1,06 = 196,022 \text{ мм}$$

Визначаємо максимальні припуски $2Z_i^{max}$, мм по формулі (1.11):

$$2Z_i^{max} = 2Z_i^{min} + Td_{i-1} + Td_i, \quad (1.11)$$

$$2Z_3^{max} = 0,6 + 0,46 + 0,185 = 1,245 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0,15 + 0,185 + 0,072 = 0,407 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 0,055 + 0,072 + 0,029 = 0,156 \text{ мм}$$

Розраховуємо загальний номінальний припуск $2Z_{заг}^H$, мм по формулі (1.12):

$$2Z_{заг}^H = \Sigma 2Z_i^H = 2Z_3^H + 2Z_4^H + 2Z_5^H, \quad (1.12)$$

$$2Z_{\text{заг}}^H = 1,06 + 0,335 + 0,127 = 1,522 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned}
 1) \quad & 2Z_{\text{заг}}^H = d_2^H - d_{\text{д}}^H \\
 & 1,522 = 196,022 - 194,5 \\
 & 1,522 = 1,522 \\
 2) \quad & 2Z_i^{\text{max}} - 2Z_i^{\text{min}} = Td_{i-1} + Td_i \\
 & 2Z_3^{\text{max}} - 2Z_3^{\text{min}} = Td_2 + Td_3 \\
 & 1,245 - 0,6 = 0,46 + 0,185 \\
 & 0,645 = 0,645 \\
 & 2Z_4^{\text{max}} - 2Z_4^{\text{min}} = Td_3 + Td_4 \\
 & 0,407 - 0,15 = 0,185 + 0,072 \\
 & 0,257 = 0,257 \\
 & 2Z_5^{\text{max}} - 2Z_5^{\text{min}} = Td_4 + Td_5 \\
 & 0,156 - 0,055 = 0,072 + 0,029 \\
 & 0,101 = 0,101
 \end{aligned}$$

Оскільки перевірка зійшлася, розрахунок вважаємо вірним і визначаємо виконавчі розміри по переходам:

- 1) Заготовка –
- 2) Точіння чорнове – $\varnothing 196,02_{-0,46}$ мм
- 3) Точіння чистове – $\varnothing 194,965_{-0,185}$ мм
- 4) Точіння тонке – $\varnothing 194,628_{-0,072}$ мм
- 5) Шліфування напівчистове – $\varnothing 194,5_{-0,029}$ мм

Вихідні дані і результати розрахунків заносимо до таблиці 1.8

Таблиця 1.8 – Вихідні дані і результати розрахунків

i	Переходи	Елементи припуску				Відхилення		Допуск	Ном. припуск	Ном. р-р	Вик. р-р	Припуски	
		Rz	h	ρ	ε	es	ei					$2Z_i^{max}$	$2Z_i^{min}$
1	Заготовка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Точ. чорнове	50	240	0	10	-	-0,46	460	-	Ø196,022	Ø196,02 _{-0,46}	-	-
3	Точ. чистове	25,2	40	0	10	-	-0,185	185	1060	Ø194,962	Ø194,965 _{-0,185}	1245	600
4	Точ. тонке	12,8	5	0	10	-	-0,072	72	335	Ø194,627	Ø194,628 _{-0,072}	407	150,4
5	Шліф. напів.	6,4	5	0	10	-	-0,029	29	127	Ø194,5	Ø194,5 _{-0,029}	156	55,6

Схема припусків поверхні Ø194,5_{-0,029} наведена на рисунку 1.8

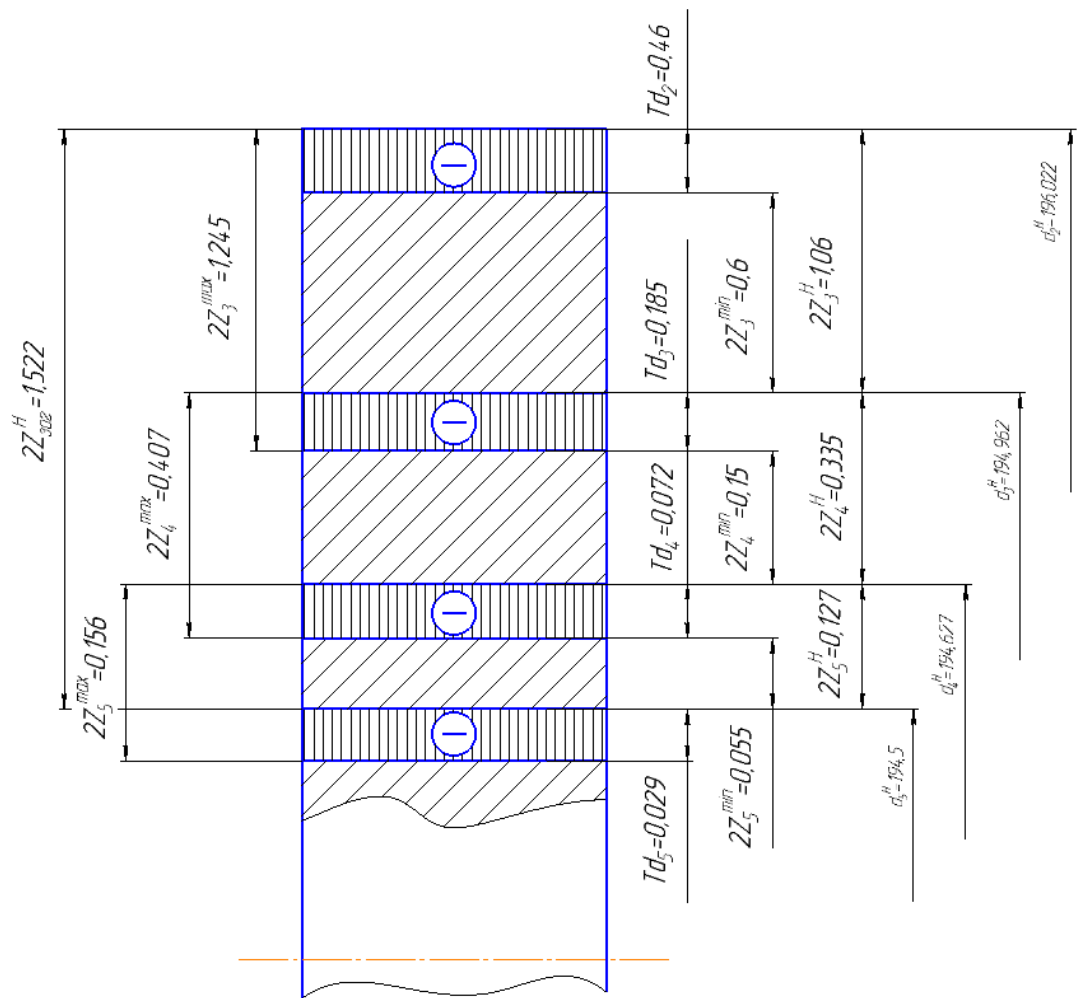


Рисунок 1.8 - Схема припусків поверхні $\varnothing 194,5_{-0,029}$

Табличним методом робимо розрахунок для розміру $\varnothing 190,5H9(+0,115)$.

Мінімальні припуски $2Z_i^{min}$, мм приймаємо по [2, с.52, т. 3.2]

$$2Z_2^{min} = 2 \times 2,5 = 5 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{min} = 2 \times 0,3 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{min} = 2 \times 0,16 = 0,32 \text{ мм}$$

Розраховуємо номінальні припуски $2Z_i^H$, мм по формулі (1.10)

$$2Z_2^H = 5 + 2 = 7 \text{ мм}$$

$$2Z_3^H = 0,6 + 0,46 = 1,06 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0,32 + 0,185 + 0,115 = 0,62 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальні розміри d_i^H , мм

$$d_4^H = 190,5$$

$$d_3^H = d_4^H - 2Z_4^H = 190,5 - 0,62 = 189,88 \text{ мм}$$

$$d_2^H = d_3^H - 2Z_3^H = 189,88 - 1,06 = 188,82 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}}^H = d_2^H - 2Z_2^H = 188,82 - 7 = 181,82 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні припуски $2Z_i^{max}$, мм по формулі (1.11):

$$2Z_2^{max} = 5 + 3,2 + 0,46 = 8,66 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{max} = 0,6 + 0,46 + 0,185 = 1,245 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0,32 + 0,185 + 0,115 = 0,62 \text{ мм}$$

Розраховуємо загальний номінальний припуск $2Z_{\text{заг}}^H$, мм по формулі (1.12):

$$2Z_{\text{заг}}^H = 7 + 1,06 + 0,62 = 8,68 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$1) \quad 2Z_{\text{заг}}^H = d_{\text{д}}^H - d_{\text{заг}}^H$$

$$8,68 = 190,5 - 181,82$$

$$8,68 = 8,68$$

$$2) \quad 2Z_i^{max} - 2Z_i^{min} = Td_{i-1} + Td_i$$

$$2Z_2^{max} - 2Z_2^{min} = Td_1 + Td_2$$

$$8,66 - 5 = 3,2 + 0,46$$

$$3,66 = 3,66$$

$$2Z_3^{max} - 2Z_3^{min} = Td_2 + Td_3$$

$$1,245 - 0,6 = 0,46 + 0,185$$

$$0,645 = 0,645$$

$$2Z_4^{max} - 2Z_4^{min} = Td_3 + Td_4$$

$$0,62 - 0,32 = 0,185 + 0,115$$

$$0,3 = 0,3$$

Оскільки перевірка зійшлася, розрахунок вважається вірним.
Визначасмо виконавчі розміри по переходам:

- 1) Заготовка – $\varnothing 181,8_{-2}^{+1,2}$ мм
- 2) Розточування чорнове – $\varnothing 188,82^{+0,46}$ мм

3) Розточування чистове – $\varnothing 189,88^{+0,185}$ мм

4) Розточування тонке – $\varnothing 190,5^{+0,115}$ мм

Вихідні данні і результати розрахунків заносимо до таблиці 1.9

Таблиця 1.9 – Вихідні дані і результати розрахунків

i	Переходи	Відхилення		Допуск	Ном. припуск	Номинал. р-р	Вик. р-р	Припуски	
		es	ei					$2Z_i^{max}$	$2Z_i^{min}$
1	Заготовка	+1,2	-2	3200	-	$\varnothing 181,82$	$\varnothing 181,8_{-2}^{+1,2}$	-	-
2	Розточ. чорнове	+0,46	-	460	7	$\varnothing 188,82$	$\varnothing 188,82^{+0,46}$	8,66	5
3	Розточ. чистове	+0,185	-	185	1,06	$\varnothing 189,88$	$\varnothing 189,88^{+0,185}$	1,245	0,6
4	Розточ. тонке	+0,115	-	115	0,62	$\varnothing 190,5$	$\varnothing 190,5^{+0,115}$	0,62	0,32

Схема припусків поверхні $\varnothing 190,5^{+0,115}$ наведена на рисунку 1.9

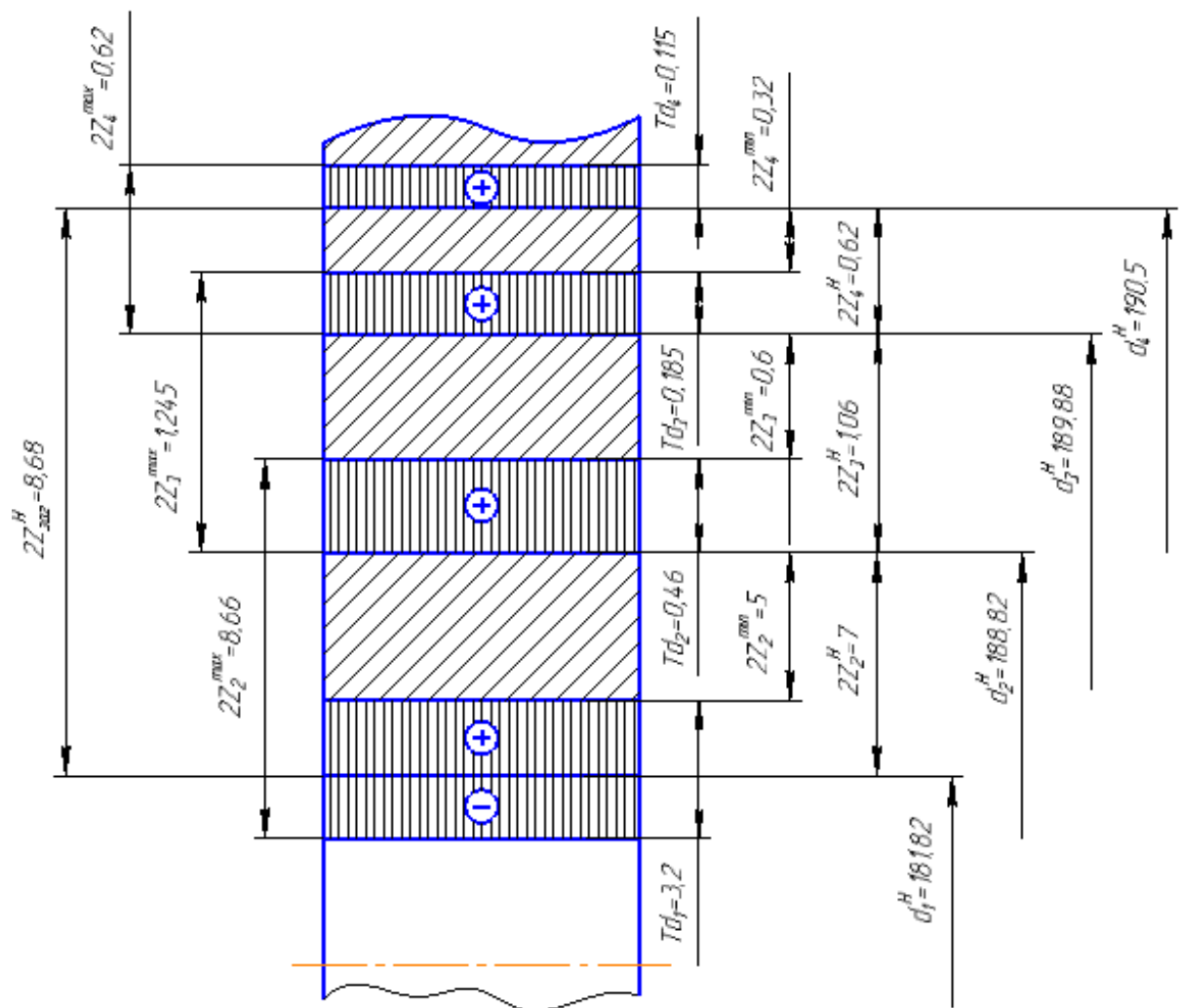


Рисунок 1.9 - Схема припусків поверхні $\varnothing 190,5^{+0,115}$

1.6 Розрахунок режимів різання

Розраховуємо режими різання для токарної операції з ЧПК 15 (рис. 1.10).

Вихідні данні:

верстат – токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3;

ріжучий інструмент – різець токарний підрізний лівий з пластиною з твердого сплаву ВК8 25x20, L=140мм, r=0,8 мм, $\varphi=70^\circ$ ГОСТ 18880-73; різець токарний підрізний правий з пластиною з твердого сплаву ВК8 20x20, L=140мм, r=0,8 мм, $\varphi=70^\circ$ ГОСТ 18880-73; різець токарний розточний з пластинкою з твердого сплаву ВК8 20x20, L=140 мм, l=10 мм, r=1 мм, $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 18882-73.

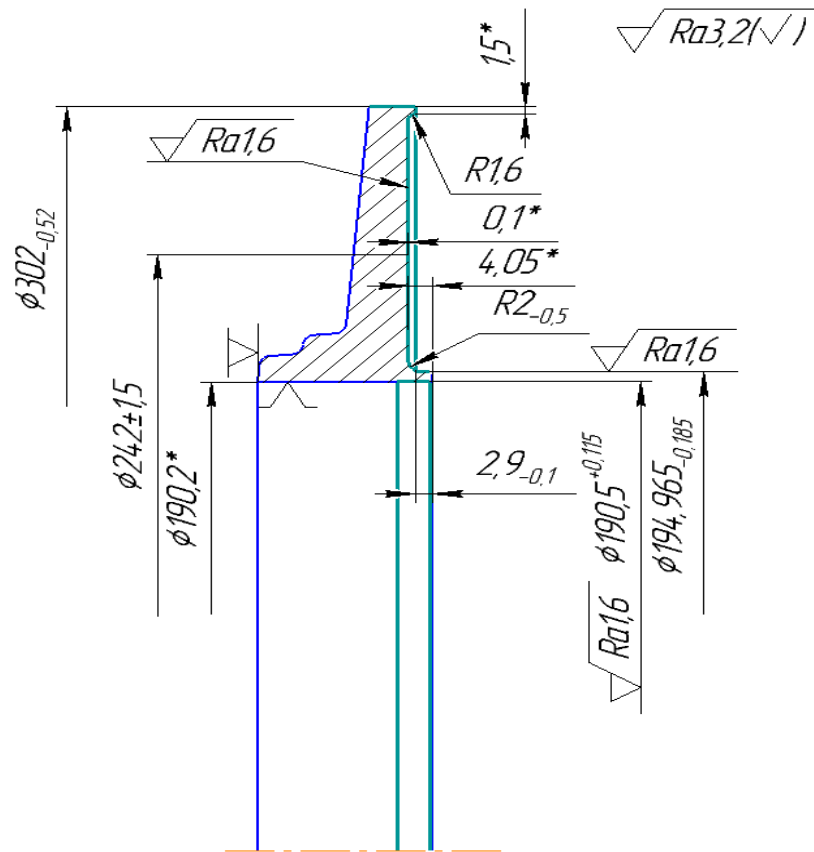


Рисунок 1.10 – Ескіз операції 15

Призначаємо глибину різання t , мм виходячи з ескізу і характеру обробки:

$$t_{max} = 2 \text{ мм}$$

Маючи усі вихідні дані, знаходимо табличну подачу за [4,табл.26-28,с.237-238]:

$S_{\text{табл}} = 0,68 \text{ мм/об}$ – для чорнового точіння, підрізання торців;

$S_{\text{табл}} = 0,41 \text{ мм/об}$ – для чорнового розточування;

$S_{\text{табл}} = 0,13 \text{ мм/об}$ – для чистового точіння, розточування і підрізання торців

$S_{\text{табл}} = 0,08 \text{ мм/об}$ – для тонкого точіння, розточування і підрізання торців.

Розрахункову подачу S_o , мм/об знаходимо за формулою (1.13):

$$S_o = S_{\text{табл}} \times K_{\text{СП}} \times K_{\text{СИ}} \times K_{\text{SF}} \times K_{\text{СЖ}} \times K_{\text{SM}}, \quad (1.13)$$

де $K_{СП}, K_{СИ}, K_{СФ}, K_{СЗ}, K_{СЖ}, K_{СМ}$ – поправочні коефіцієнти обираємо за [4, табл. 30, с.239]:

$K_{СП} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{СИ} = 1$ – обробка виконується різцем із твердої сталі;

$K_{СФ} = 0,85/0,7$ - точіння зовнішніх/внутрішніх поверхонь;

$K_{СЖ} = 1$ – коефіцієнт, що враховує розмір оброблюваної поверхні;

$K_{СМ} = 0,78$ – для 11 групи оброблюваного матеріалу.

Для чорнового точіння:

$$S_{01,2,3,4,5} = 0,68 \times 1 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 0,78 = 0,45 \text{ мм/об}$$

Для чистового точіння:

$$S_{01,2,3,4,5} = 0,13 \times 1 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 0,78 = 0,09 \text{ мм/об}$$

Для чистового розточування:

$$S_{06} = 0,13 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 0,78 = 0,07 \text{ мм/об}$$

Для тонкого точіння:

$$S_{03,4} = 0,08 \times 1 \times 1 \times 0,85 \times 1 \times 0,78 = 0,05 \text{ мм/об}$$

Для тонкого розточування

$$S_{06} = 0,08 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 1 \times 0,78 = 0,04 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата 16А20Ф3 обираємо фактичну подачу S_{ϕ} , мм/об:

$$S_{\phi 1,2,3,4,5} = 0,45 \text{ мм/об}$$

$$S_{\phi 1,2,3,4,5} = 0,09 \text{ мм/об}$$

$$S_{\phi 6} = 0,07 \text{ мм/об}$$

$$S_{\phi 3,4} = 0,05 \text{ мм/об}$$

$$S_{\phi 6} = 0,04 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання V_o , м/хв розраховуємо за формулою (1.14):

$$V_o = V_{\text{табл}} \times K_{ВП} \times K_{ВИ} \times K_{ВФ} \times K_{ВЗ} \times K_{ВМ} \times K_{Vo}, \quad (1.14)$$

де $V_{\text{табл}} = 42$ м/хв – для 11 групи оброблюваних матеріалів за [4,табл. 44, с.248].

Поправочні коефіцієнти обираємо за [4, табл. 48, с.249-250]:

$K_{ВП} = 1,16$ – для 11 групи оброблюваних матеріалів;

$K_{ВИ} = 1,0$ – при обробці різцем із твердого сплаву Т15К6;

$K_{ВФ} = 0,81$ – коефіцієнт, що враховує головний кут різця $\phi = 70^\circ$;

$K_{V3} = 1,47/0,9$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки (точіння/розточування);

$K_{VM} = 1,0$ – для обробки поверхні без корки;

$K_{Vo} = 1,0$ – для обробки з ЗОТС.

$$V_{o1,2,3,4,5} = 42 \times 1,16 \times 1,0 \times 0,81 \times 1,47 \times 1,0 \times 1,0 = 58,01 \text{ м/хв}$$

$$V_{o6} = 42 \times 1,16 \times 1,0 \times 0,81 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,0 = 35,52 \text{ м/хв}$$

Частоту обертів n , об/хв розраховуємо за формулою (1.15):

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \quad (1.15)$$
$$n_{1,2,3,4,5} = \frac{1000 \times 58,01}{3,14 \times 302} = 61,17 \text{ об/хв}$$
$$n_6 = \frac{1000 \times 35,52}{3,14 \times 190,5} = 59,38 \text{ об/хв}$$

Фактичну частоту обертів n_ϕ , об/хв. приймаємо з паспорту верстата:

$$n_\phi = 60 \text{ об/хв.}$$

Розраховуємо фактичну швидкість різання V_ϕ , м/хв за формулою (1.16):

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_\phi}{1000}, \quad (1.16)$$

Для чорнового точіння:

$$V_{\phi1} = \frac{3,14 \times 303 \times 60}{1000} = 57,08 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi2} = \frac{3,14 \times 303 \times 60}{1000} = 57,08 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi3} = \frac{3,14 \times 196,02 \times 60}{1000} = 36,93 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi4} = \frac{3,14 \times 299 \times 60}{1000} = 56,33 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi5} = \frac{3,14 \times 242 \times 60}{1000} = 45,59 \text{ м/хв}$$

Для чистового точіння:

$$V_{\phi1} = \frac{3,14 \times 302 \times 60}{1000} = 56,9 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 2} = \frac{3,14 \times 302 \times 60}{1000} = 56,9 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 3} = \frac{3,14 \times 194,965 \times 60}{1000} = 36,73 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 4} = \frac{3,14 \times 299 \times 60}{1000} = 56,33 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 5} = \frac{3,14 \times 242 \times 60}{1000} = 45,59 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 6} = \frac{3,14 \times 189,88 \times 60}{1000} = 35,77 \text{ м/хв}$$

Для тонкого точіння:

$$V_{\phi 3} = \frac{3,14 \times 194,628 \times 60}{1000} = 36,66 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 4} = \frac{3,14 \times 299 \times 60}{1000} = 56,33 \text{ м/хв}$$

$$V_{\phi 6} = \frac{3,14 \times 190,5 \times 60}{1000} = 35,89 \text{ м/хв}$$

Основний час на операцію розраховуємо за формулою (1.17):

$$t_o = \frac{L_{px} + y + \Delta}{S_{\phi} \times n_{\phi}} \times i, \quad (1.17)$$

де L_{px} – довжина робочого ходу;

$y + \Delta$ – врізання і перебіг;

i – кількість проходів.

Для чорнового точіння:

$$t_{o1} = \frac{12,1 + 5}{0,45 \times 60} \times 1 = 0,48 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{52,5 + 2,5}{0,45 \times 60} \times 1 = 2,03 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{2,9 + 2,5}{0,45 \times 60} \times 2 = 0,2 \text{ хв}$$

$$t_{o4} = \frac{28,5 + 2,5}{0,45 \times 60} \times 1 = 1,15 \text{ хв}$$

$$t_{o5} = \frac{22,99}{0,45 \times 60} \times 1 = 0,85 \text{ хв}$$

Для чистового точіння:

$$t_{o1} = \frac{11 + 5}{0,09 \times 60} \times 1 = 2,04 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{1,5 + 5}{0,09 \times 60} \times 1 = 1,2 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{2,9 + 2,5}{0,09 \times 60} \times 1 = 1 \text{ хв}$$

$$t_{o4} = \frac{28,5 + 2,5}{0,09 \times 60} \times 1 = 5,74 \text{ хв}$$

$$t_{o5} = \frac{22,99}{0,09 \times 60} \times 1 = 4,26 \text{ хв}$$

$$t_{o6} = \frac{6 + 2,5}{0,07 \times 60} \times 1 = 2,02 \text{ хв}$$

Для тонкого точіння:

$$t_{o3} = \frac{2,9 + 2,5}{0,05 \times 60} \times 2 = 1,8 \text{ хв}$$

$$t_{o4} = \frac{28,5 + 2,5}{0,05 \times 60} \times 1 = 10,33 \text{ хв}$$

$$t_{o6} = \frac{6 + 2,5}{0,04 \times 60} \times 1 = 3,54 \text{ хв}$$

$$\Sigma t_o = 0,48 + 2,03 + 0,2 + 1,15 + 0,85 + 2,04 + 1,2 + 1 + 5,74 + 4,26 + 2,02 + 1,8 + 10,33 + 3,54 = 36,64 \text{ хв}$$

Розраховуємо режими різання для свердлильної операції з ЧПК 45 (рис. 1.12).

Вихідні данні:

верстат – обробний центр VMC850E;

ріжучий інструмент – свердло спіральне з циліндричним хвостовиком ВК8 d=1,9 мм, L=38 мм, l=11 мм, 2φ=75°, ω=30° ГОСТ17274-71; зенкер з циліндричним хвостовиком ВК8 d=2 мм, L=61 мм, l=33 мм, φ=60°, ω=20° ГОСТ 12489-71.

Призначаємо глибину різання t , мм виходячи з ескізу і характеру обробки – при свердленні глибиною різання є половина діаметру свердла:

$$t_1 = 0,95 \text{ мм}$$

$$t_2 = 0,05 \text{ мм}$$

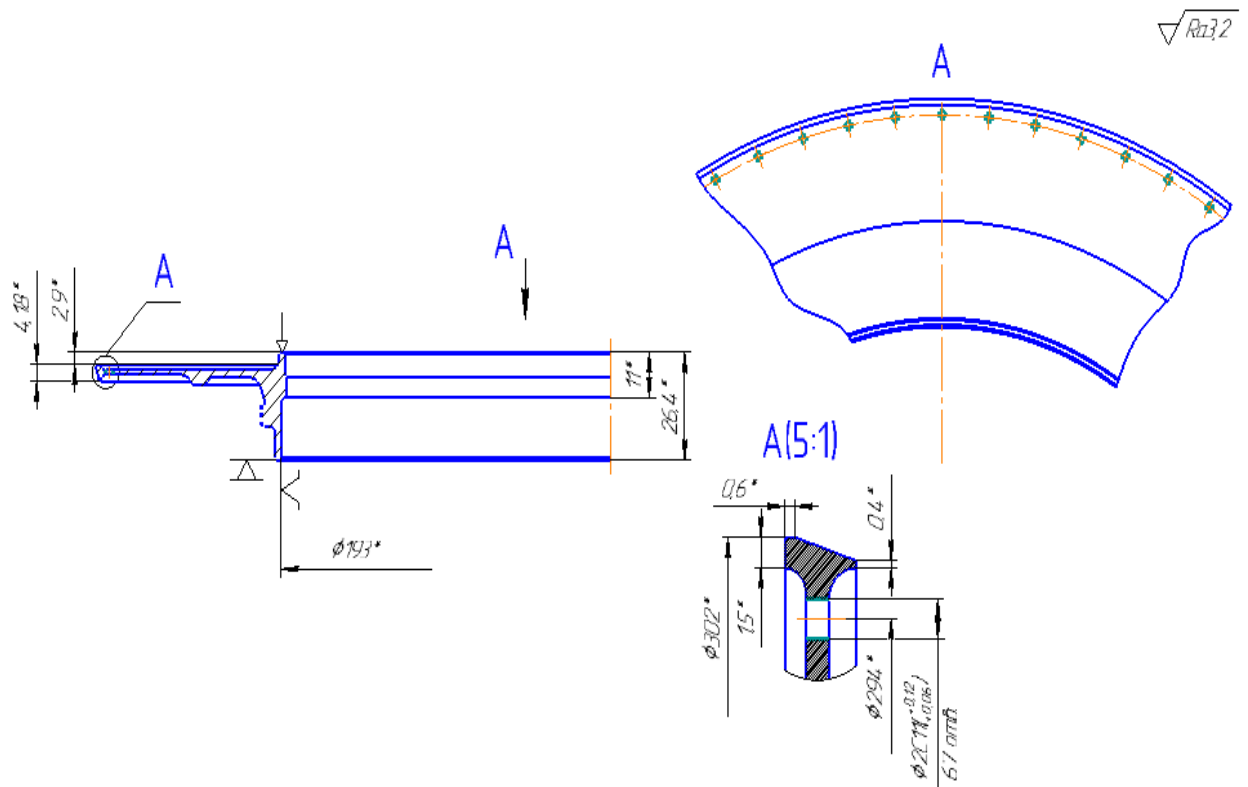


Рисунок 1.12 – Ескіз операції 45

Маючи усі вихідні дані, знаходимо табличну подачу за [4,табл.64,с.267],[4,табл.73,с.276]:

$$S_{\text{табл1}} = 0,04 \text{ мм/об}$$

$$S_{\text{табл2}} = 0,7 \text{ мм/об}$$

Розрахункову подачу S_o , мм/об знаходимо за формулою (1.18):

$$S_o = S_{\text{табл}} \times K_{Sl} \times K_{SЖ} \times K_{Si} \times K_{Sd} \times K_{SM}, \quad (1.18)$$

де $K_{Sl}, K_{SЖ}, K_{Si}, K_{Sd}, K_{SM}$ – поправочні коефіцієнти обираємо за [3, табл. 65, с.267], [4, табл. 73, с.277]:

$K_{Sl} = 1$ – коефіцієнт, що враховує глибину свердлення – до 3D;

$K_{SЖ} = 1$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи - висока;

$K_{Si} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента – твердий сплав;

$K_{Sd} = 1$ – для наскрізних отворів;

$K_{SM} = 0,55$ – коефіцієнт, що враховує групи оброблюваності матеріалу.

$$S_{o1} = 0,04 \times 1 \times 1 \times 0,6 \times 1 \times 0,55 = 0,013 \text{ мм/об}$$

$$S_{o2} = 0,7 \times 1,0 \times 0,23 = 0,16 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата VMC850E обираємо фактичну подачу S_{ϕ} , мм/об:

$$S_{\phi1} = 0,013 \text{ мм/об}$$

$$S_{\phi2} = 0,16 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання V_o , м/хв розраховую за формулою (1.19):

$$V_o = V_{\text{табл}} \times K_{VM} \times K_{VI} \times K_{Vd} \times K_{Vo} \times K_{VT} \times K_{Vl}, \quad (1.19)$$

де $V_{\text{табл}1} = 10,4 \text{ м/хв}$ – для 11 групи оброблюваних матеріалів за [4,табл. 70, с.273].

$V_{\text{табл}2} = 5,4 \text{ м/хв}$ – для 11 групи оброблюваних матеріалів за [4,табл. 82, с.282]

Поправочні коефіцієнти обираємо за [4, табл. 47, с.274-275]:

$K_{VM} = 1,2$ – для 11 групи оброблюваних матеріалів;

$K_{VI} = 1,5$ – при свердленні твердосплавними свердлами;

$K_{Vd} = 1,9$ – при свердленні наскрізного отвору;

$K_{Vo} = 1,0$ – для обробки з ЗОТС;

$K_{VT} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стійкість;

$K_{Vl} = 1,0$ – для глибини свердлення до 3D.

$$V_{o1} = 10,4 \times 1,2 \times 1,5 \times 1,9 \times 1 \times 1,0 \times 1,0 = 35,56 \text{ м/хв}$$

$$V_{o2} = 5,4 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 6,48 \text{ м/хв}$$

Частоту обертів n , об/хв розраховуємо за формулою (1.15):

$$n_1 = \frac{1000 \times 35,56}{3,14 \times 1,9} = 5960,44 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \times 6,48}{3,14 \times 2} = 1031,84 \text{ об/хв}$$

Фактичну частоту обертів n_{ϕ} , об/хв приймаємо з паспорту верстата:

$$n_{\phi1} = 3000 \text{ об/хв}$$

$$n_{\phi2} = 1030 \text{ об/хв.}$$

Розраховуємо фактичну швидкість різання V_{ϕ} , м/хв за формулою (1.16):

$$V_{\phi 1} = \frac{3,14 \times 1,9 \times 3000}{1000} = 17,89 \text{ м/хв}$$
$$V_{\phi 2} = \frac{3,14 \times 2 \times 1030}{1000} = 6,46 \text{ м/хв}$$

Основний час на операцію розраховуємо за формулою (1.17):

$$t_{o1} = \frac{28,1 + 5}{0,013 \times 3000} \times 67 = 56,86 \text{ хв}$$
$$t_{o2} = \frac{28,1 + 5}{0,16 \times 1030} \times 67 = 13,46 \text{ хв}$$
$$t_o = 56,86 + 13,46 = 70,32 \text{ хв}$$

Розраховуємо режими різання для фрезерної операції з ЧПК 60 (рис. 1.13).

Вихідні данні:

верстат – обробний центр VMC850E;

ріжучий інструмент – фреза кінцева з циліндричним хвостовиком ВК8 d=6,5 мм, L=69 мм, l=16 мм, $\omega=20^\circ$ ГОСТ 17025-71;

Призначаємо глибину різання t , мм виходячи з ескізу і характеру обробки – фрезерування кінцевою фрезою:

$$t = 0,8 \text{ мм}$$

Маючи усі вихідні дані, знаходимо табличну подачу на зуб за [4,табл.111,с.304]:

$$S_{z\text{табл}} = 0,04 \text{ мм/зуб}$$

Розрахункову подачу S_z , мм/зуб знаходимо за формулою (1.18):

$$S_z = S_{z\text{табл}} \times K_{S_z}, \quad (1.18)$$

де K_{S_z} , – поправочний коефіцієнт обираємо за [4, табл. 109, с.302]:

$K_{S_z} = 0,25$ – при обробці тонкостінних деталей товщиною до 3 мм.

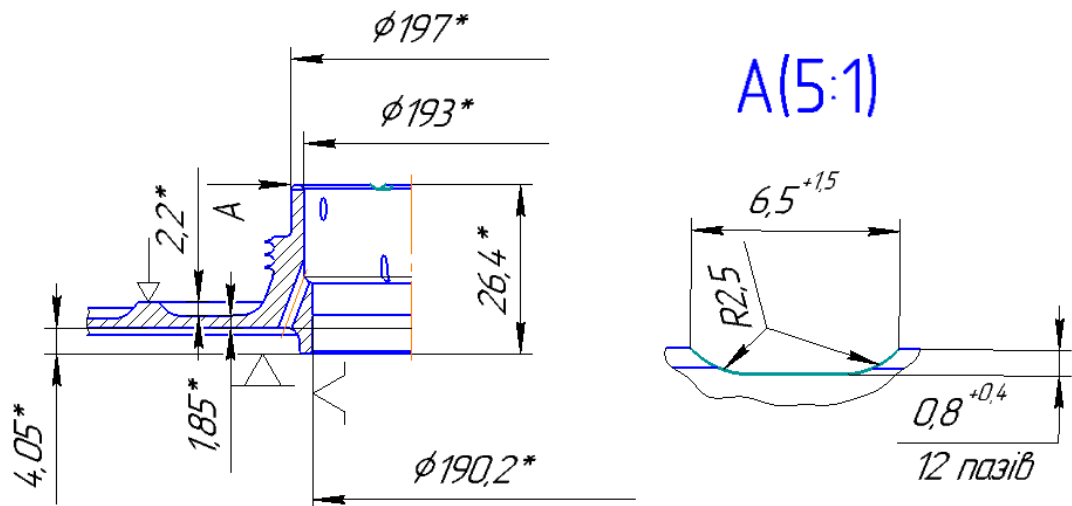


Рисунок 1.13 – Ескіз операції 60

$$S_z = 0,04 \times 0,25 = 0,01 \text{ мм/зуб}$$

За паспортом верстата VMC850E обираємо фактичну подачу $S_{z\phi}$, мм/об:

$$S_{\phi} = 0,01 \text{ мм/зуб}$$

Швидкість різання V_o , м/хв розраховуємо за формулою (1.19):

$$V_o = V_{\text{табл}} \times K_V, \quad (1.19)$$

де $V_{\text{табл}} = 46$ м/хв – для 11 групи оброблюваних матеріалів за [4, табл. 132, с.320];

$K_V = 0,3$ – при обробці тонкостінних деталей товщиною до 3мм [4, табл.109, с.302].

$$V_o = 46 \times 0,3 = 13,8 \text{ м/хв}$$

Частоту обертів n , об/хв розраховуємо за формулою (1.15):

$$n = \frac{1000 \times 13,8}{3,14 \times 6,5} = 676,1 \text{ об/хв}$$

Фактичну частоту обертів n_{ϕ} , об/хв приймаємо з паспорту верстата:

$$n_{\phi} = 675 \text{ об/хв.}$$

Розраховуємо фактичну швидкість різання V_{ϕ} , м/хв за формулою (1.16):

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \times 6,5 \times 675}{1000} = 13,78 \text{ м/хв}$$

Основний час на операцію розраховуємо за формулою (1.17):

$$t_o = \frac{6,5 + 5}{(4 \times 0,01) \times 675} \times 12 = 5,11 \text{ хв}$$

Розрахую режими різання для шліфувальної операції 40 (рис. 1.14).

Вихідні данні:

верстат – круглошліфувальний верстат моделі 3М174;

ріжучий інструмент шліфувальний круг – 1 500х300х8025А 40 С26 К5
35м/с ГОСТ 2424-83.

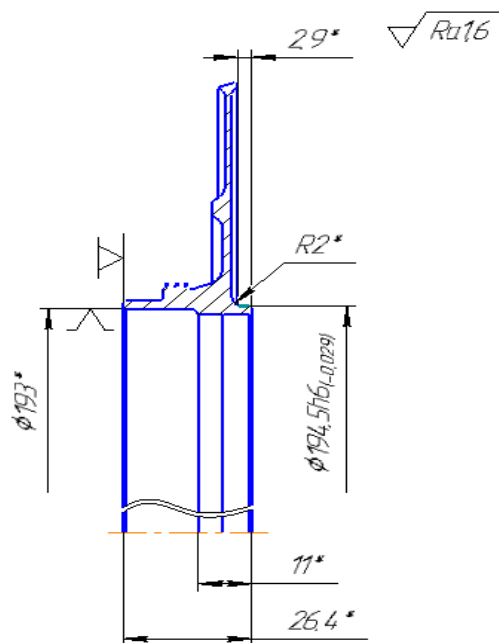


Рисунок 1.14– Ескіз операції 40

Розрахунок режимів різання на шліфування методом врізання

Частота обертання круга постійна для заданого верстата:

$$n_d = 1270 \text{ об/хв}$$

Швидкість шліфувального круга $V_{кр}$, м/с розраховується за формулою (1.20):

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D_k \times n_d}{60 \times 1000}, \quad (1.20)$$

де $D_k = 500$ – діаметр шліфувального круга, мм;

$$V_{кр} = \frac{3,14 \times 500 \times 1270}{60 \times 1000} = 33,23 \text{ м/с}$$

Для шліфувальних кругів на керамічній зв'язці допускається $V_{кр} < 35 \text{ м/с}$. Тобто умова виконується.

Частоту обертання деталі n_d , об/хв призначаємо по [6, с.628, карта 6]

$$n_d = 56 \text{ об/хв}$$

Швидкість обертання деталі розраховується за формулою (1.16):

$$V_d = \frac{3,14 \times 194,5 \times 56}{1000} = 34,2 \text{ м/хв}$$

Радіальну подачу S_p , мм/об призначаємо по [6, с.629, карта 6]:

$$S_p = 0,004 \text{ мм/об}$$

Основний час на обробку t_o , хв розраховуємо за формулою (1.21):

$$t_o = \frac{a}{n \times S_p} \times K \times i, \quad (1.21)$$

де $a = 0,064$ – припуск, мм;

$n = 56$ – частота обертання деталі, об/хв;

$S_p = 0,004$ – радіальна подача мм/об;

K – коефіцієнт точності обробки.

$$t_o = \frac{0,064}{56 \times 0,004} \times 1,4 \times 1 = 0,4 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.10.

Таблиця 1.10 – результати розрахунків

Номер і найменування операції	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	t _о , хв
010 Токарна з ЧПК	1,5	0,45	57,65	60	2,39
	1,11	0,22	35,57		2,49
	0,5	0,09	57,65		11,78
015 Токарна з ЧПК	1,5	0,45	57,08	60	0,48
	2	0,45	57,08		2,03
	0,99	0,45	36,93		0,2
	1,2	0,45	56,33		1,15
	1,2	0,45	45,59		0,85
	0,5	0,09	56,9		2,04
	0,9	0,09	56,9		1,2
	0,53	0,09	36,73		1
	0,5	0,09	56,33		5,74
	0,85	0,09	45,59		4,26
	0,53	0,07	35,77		2,02
	0,34	0,05	36,66		1,8
	0,45	0,05	56,33		10,33
	0,62	0,04	35,89		3,54
020Токарна з ЧПК	0,6	0,45	37,79	60	0,4
	1	0,22	35,95		1,39
	0,4	0,09	37,79		2,02
	0,6	0,07	36,17		4,36
	0,4	0,07	35,72		4,16
	0,49	0,04	36,36		7,62
	0,29	0,04	35,83		4,17
025Токарна з ЧПК	1	0,45	37,42	60	0,3
	1	0,45	39,02		0,54
	1,2	0,45	39,02		0,25
	1	0,45	56,9		1,49
	1,5	0,45	46,16		0,79
	1	0,45	56,9		0,35
	1,2	0,45	56,46		1,1
	1	0,45	44,84		0,52
	1,2	0,45	40,5		0,15
	1,5	0,45	39,02		0,2
	1	0,45	39,02		0,08
	0,4	0,09	37,26		1,5
	0,4	0,09	38,87		1,85
	0,5	0,09	38,87		1,25
	0,52	0,09	56,9		5,74
	0,5	0,09	56,0		1,62

Продовження таблиці 1.10

Номер і найменування операції	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	t _о , хв
	0,6	0,09	56,46		5,53
	0,7	0,09	44,84		2,59
	0,55	0,09	40,5		0,73
	0,8	0,09	38,86		1,04
	0,5	0,09	38,89		0,35
	0,34	0,05	37,14		2,7
	0,34	0,05	38,74		3,33
	0,42	0,05	56,46		9,95
	0,4	0,05	44,84		4,67
030 Токарна з ЧПК	1,56	0,19	19,36	30	2,85
035 Кругло-шліфувальна	0,0575	0,004	36,13	56	0,4
040 Кругло-шліфувальна	0,064	0,004	34,2	56	0,4
045 Свердлильна з ЧПК	0,95	0,013	17,89	3000	56,86
	0,05	0,16	6,46	1030	13,46
050 Свердлильна з ЧПК	1	0,013	17,89	3000	10,3
055 Вертикально свердлильна	1,8	0,026	33,91	3000	0,53
060 Фрезерна з ЧПК	0,8	0,04	17,78	675	5,11

1.7 Технічне нормування операцій

Технічне нормування часу необхідне для початкового розрахунку норм часу і встановлення необхідного режиму роботи, кількості верстатів і працівників, для оптимального часу виготовлення деталей.

Під час розрахунку норм часу враховується як час на обробку деталі, так і різні параметри, що впливають на можливість праці людини (час на особисті потреби, ремонт і наладка верстату і т.д).

Операція 15– токарна з ЧПК

Допоміжний час розраховується за формулою (1.22):

$$t_{\text{доп}} = (t_{\text{вст.зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{пр.рух}} + t_{\text{контр}}) \times k, \quad (1.22)$$

де $t_{\text{вст.зн}}$ – час на встановлення та зняття деталі;

$t_{\text{кер}}$ – час на керування верстатом;

$t_{\text{прис.рух}}$ – час на прискорений підвід ріжучого інструменту з вихідного положення в положення врізання та відвід в вихідне положення;

$t_{\text{контр}}$ – час, необхідний для вимірювання та контролю основних параметрів оброблюваної деталі;

$k=1,85$ – коефіцієнт для серійного виробництва.

Час на встановлення та зняття деталі $t_{\text{вст.зн}} = 0,2$ хв [7, с.199, дод.5.5]

Час на керування верстатом обирається за [7, с.202, дод.5.8]

$$t_{\text{кер}} = 0,01 \times 2 = 0,02 \text{ хв}$$

Час на прискорений рух обирається за [7, с.203, дод.5.8]

$$t_{\text{пр.рух}} = 0,02 \cdot 12 = 0,24 \text{ хв}$$

Час, необхідний для вимірювання та контролю основних параметрів оброблюваної деталі розраховуємо за формулою (1.23):

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{к.п}} \cdot K \cdot i, \quad (1.23)$$

де $t_{\text{к.п}}$ – час на вимірювання одного параметру, хв.;

K – коефіцієнт періодичності;

$t_{\text{к.п}}=0,07$ хв [7, с.208, дод.5.14]; $K=1,0$.

$$t_{\text{контр}} = 0,07 \times 1,0 \times 4 = 0,28 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = (0,2 + 0,02 + 0,24 + 0,28) \times 1,85 = 1,37 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою (1.24):

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}}, \quad (1.24)$$

$$t_{\text{оп}} = 36,64 + 1,369 = 38,01 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.25):

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \times \alpha_{\text{обсл,от.ес}}, \quad (1.25)$$

де $\alpha_{\text{обсл,от.ес}} = 7\%$ – нормативний час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби [7, с.214, дод. 6.1]

$$t_{\text{дод}} = 38,01 \times 0,07 = 2,67 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується формулою (1.26):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \quad (1.26)$$

$$t_{\text{шт}} = 38,01 + 2,67 = 40,68 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час розраховується за формулою (1.27):

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3}, \quad (1.27)$$

де $t_{пз1}$ – норма часу на наладку верстата та пристосування, хв;

$t_{пз2}$ – норма часу на установку ріжучого інструменту, хв.;

$t_{пз3}$ – норма часу на отримання ріжучого інструменту та здачу його після закінчення зміни, хв.

$$t_{пз1} = 11 \text{ хв}; t_{пз2} = 3 \text{ хв}; t_{пз3} = 7 \text{ хв} [7, \text{ с.215-216, дод. 6.3}]$$

$$t_{пз} = 11 + 3 + 7 = 21 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.28):

$$t_{шк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}, \quad (1.28)$$

де n – об'єм партії заготовок, що запускаються в виробництво

Об'єм партії заготовок, що запускаються в виробництво розраховується за формулою (1.29):

$$n = \frac{a \cdot N}{250}, \quad (1.29)$$

де a – періодичність запуску деталей в виробництво

$$n = \frac{5 \cdot 1500}{250} = 30 \text{ шт}$$

$$t_{шк} = 40,68 + \frac{21}{30} = 41,38 \text{ хв}$$

Операція 45 – свердлильна з ЧПК

Допоміжний час розраховується за формулою (1.22):

де $k=1,85$ – коефіцієнт для серійного виробництва;

$$t_{вст.зн} = 0,2 \text{ хв} [7, \text{ с.199, дод.5.5}];$$

$$t_{кер} = 0,01 \times 2 + 0,015 = 0,035 \text{ хв} [7, \text{ с.202, дод.5.8}];$$

$$t_{пр.рух} = 0,01 \cdot 2 + 0,11 = 0,13 \text{ хв} [7, \text{ с.203-205, дод.5.8, 5.9}].$$

Час, необхідний для вимірювання та контролю основних параметрів оброблюваної деталі розраховується за формулою (1.23):

$$\text{де } t_{к.п} = 0,06 \text{ хв} [7, \text{ с.206, дод.5.10}];$$

$$K=1,0.$$

$$t_{\text{контр}} = 0,06 \times 2 \times 1,0 \times 10 = 1,2 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = (0,2 + 0,035 + 0,13 + 1,2) \times 1,85 = 2,89 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.24):

$$t_{\text{оп}} = 70,32 + 2,89 = 73,21 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.25):

де $\alpha_{\text{обсл,от.ес}} = 7\%$ – нормативний час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби [7, с.214, дод. 6.1]

$$t_{\text{дод}} = 73,21 \times 0,07 = 5,12 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.26):

$$t_{\text{шт}} = 73,21 + 5,12 = 78,33 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час розраховується за формулою (1.27):

де $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [7, с.217, дод. 6.5];

$t_{\text{пз3}} = 7 \text{ хв}$ [7, с.218, дод. 6.5]

$$t_{\text{пз}} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.28):

$$t_{\text{шк}} = 78,33 + \frac{19}{30} = 78,96 \text{ хв}$$

Операція 60 – фрезерна з ЧПК

Допоміжний час розраховується за формулою (1.22):

де $k=1,85$ – коефіцієнт для серійного виробництва;

$t_{\text{вст.зн}} = 0,2 \text{ хв}$ [7, с.199, дод.5.5];

$t_{\text{кер}} = 0,01 \times 2 = 0,02 \text{ хв}$ [7, с.202, дод. 5.8];

$t_{\text{пр.рух}} = 0,04 \times 35 + 0,11 = 1,51 \text{ хв}$ [7, с.203-205, дод. 5.8, 5.9].

Час, необхідний для вимірювання та контролю основних параметрів оброблюваної деталі розраховується за формулою (1.23):

де $t_{\text{к.п}}=0,07 \text{ хв}$ [7, с.208, дод.5.14];

$K=1,0$.

$$t_{\text{контр}} = 0,07 \times 1,0 \times 12 = 0,84 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = (0,2 + 0,02 + 1,51 + 0,84) \times 1,85 = 4,75 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.24):

$$t_{\text{оп}} = 5,11 + 4,75 = 9,86 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.25):

де $\alpha_{\text{обсл,от.ес}} = 7\%$ – нормативний час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби [7, с.214, дод. 6.1]

$$t_{\text{дод}} = 9,86 \times 0,07 = 0,69 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.26):

$$t_{\text{шт}} = 9,86 + 0,69 = 10,55 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час розраховується за формулою (1.27):

де $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [7, с.217, дод. 6.5];

$t_{\text{пз3}} = 7 \text{ хв}$ [6, с.218, дод. 6.5]

$$t_{\text{пз}} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.28):

$$t_{\text{шк}} = 10,55 + \frac{19}{30} = 11,18 \text{ хв}$$

Операція 40 – круглошліфувальна

Допоміжний час розраховується за формулою (1.29):

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст.зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{пр.рух}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.29)$$

де $t_{\text{вст.зн}} = 0,24 \text{ хв}$ [6, с.640, карта 16];

$t_{\text{кер}} = 0,04 \times 2 = 0,08 \text{ хв}$ [6, с.642, карта 17];

$t_{\text{пр.рух}} = 0,07 \cdot 2 = 0,14 \text{ хв}$ [6, с.642, карта 17].

Час, необхідний для вимірювання та контролю основних параметрів оброблюваної деталі розраховується за формулою (1.23):

де $t_{\text{к.п}} = 0,08 \text{ хв}$ [7, с.207, дод.5.12];

$K = 1,0$.

$$t_{\text{контр}} = 0,08 \times 1,0 \times 1 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,24 + 0,08 + 0,14 + 0,08 = 0,54 \text{хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.24):

$$t_{\text{оп}} = 0,4 + 0,54 = 0,94 \text{хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.30):

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot (\alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{від}}), \quad (1.30)$$

де $\alpha_{\text{орг}}$ – відсоток від оперативного часу, необхідний на організацію робочого місця перед початком виконання операції, хв;

$\alpha_{\text{тех}}$ – відсоток від операційного часу, необхідний на технічне обслуговування, хв.;

$\alpha_{\text{від}}$ – відсоток від оперативного часу, необхідний на відпочинок, хв.

Час на технічне обслуговування розраховується за формулою(1.31):

$$t_{\text{тех}} = \frac{t_{\text{пр}} \cdot t_o \cdot 1,1}{T}, \quad (1.31)$$

де $t_{\text{пр}}$ – час правки, хв.;

T – стійкість шліфувального круга, хв.

$$t_{\text{тех}} = \frac{1,7 \cdot 0,4 \cdot 1,1}{5} = 0,15 \text{хв}$$

$$t_{\text{дод}} = 0,15 + 0,94 \cdot (0,02 + 0,04) = 0,21 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.26):

$$t_{\text{шт}} = 0,94 + 0,21 = 1,15 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час розраховується за формулою (1.27):

де $t_{\text{пз1}} = 8 \text{ хв}$ [6, с.646, карта 20]

$t_{\text{пз2}} = 10 \text{ хв}$ – настройка пристосування для автоматичного вимірювання в процесі шліфування

$$t_{\text{пз}} = 8 + 10 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.28):

$$t_{\text{шк}} = 1,15 + \frac{18}{30} = 1,75 \text{хв}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.11

Таблиця 1.11 – Результати розрахунків

Номер і найменування операції	$t_{\text{доп}}, \text{хв}$	$t_{\text{оп}}, \text{хв}$	$t_{\text{дод}}, \text{хв}$	$t_{\text{шт}}, \text{хв}$	$t_{\text{пз}}, \text{хв}$	$t_{\text{шк}}, \text{хв}$
010 Токарна з ЧПК	0,81	17,47	1,22	18,69	21	19,39
015 Токарна з ЧПК	1,37	38,01	2,67	40,68	21	41,38
020 Токарна з ЧПК	1,01	25,13	1,76	26,89	21	27,59
025 Токарна з ЧПК	1,67	49,89	3,49	53,38	21	54,08
030 Токарна з ЧПК	0,6	3,45	0,24	3,69	21	4,39
035 Кругло- шліфувальна	0,62	1,02	0,21	1,23	18	1,83
040 Кругло- шліфувальна	0,54	0,94	0,21	1,15	18	1,75
045 Свердлильна з ЧПК	2,89	73,21	5,12	78,33	19	78,9
050 Свердлильна з ЧПК	2,17	12,47	0,87	13,34	19	13,97
055 Вертикально свердлильна	1,97	2,5	0,18	2,68	19	3,31
060 Фрезерна з ЧПК	4,75	9,86	0,69	10,55	19	11,18

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК за допомогою модуля NX-CAM

1.8.1 Розробка токарної операції

За допомогою модулю NX-CAM були отримані графічні зображення та програма токарних чистових переходів (операція 015).

На рисунку 1.15 зображена траєкторія руху підрізного різця при обробці торцю. На рисунку 1.16 зображений різець у робочій зоні, під час проведення обробки. На рисунку 1.17 зображена програма обробки торцю підрізним різцем.

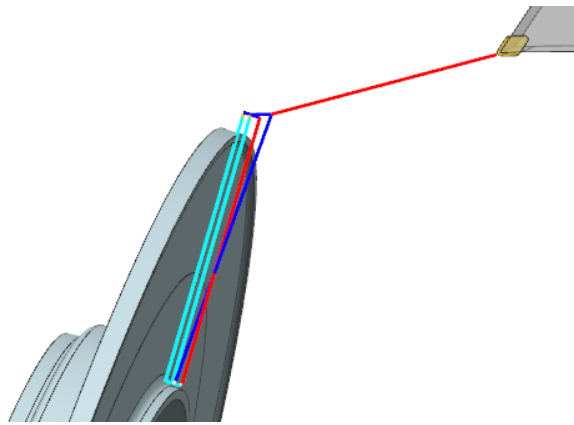


Рисунок 1.15 – Траєкторія руху різця

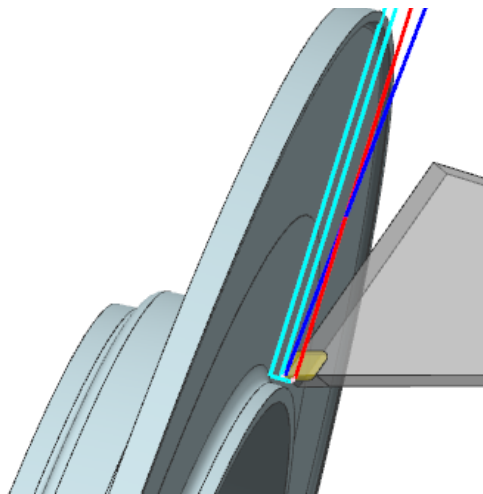


Рисунок 1.16 – Різець у робочій зоні

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X-6.1858 Z-.1065
N0050 X-6.1339 Z.0571
N0060 G97 S60 M04
N0070 G95 G01 X-6.1024 F.0035
N0080 X-3.8681
N0090 Z0.0
N0100 X-3.8904 Z-.0223
N0110 G94 G00 X-6.1339
N0120 Z.1142
N0130 G95 G01 X-6.1024
N0140 X-3.8681
N0150 Z.0571
N0160 X-3.8904 Z.0348
N0170 G94 G00 X-6.1858 Z-.1065
N0180 M02
%
```

Рисунок 1.17 – Програма обробки

На рисунку 1.18 зображена траєкторія руху прохідного різця під час обробки зовнішнього діаметру. На рисунку 1.19 зображений прохідний різець вкінці робочого ходу. На рисунку 1.20 зображена програма обробки зовнішнього діаметру прохідним різцем.

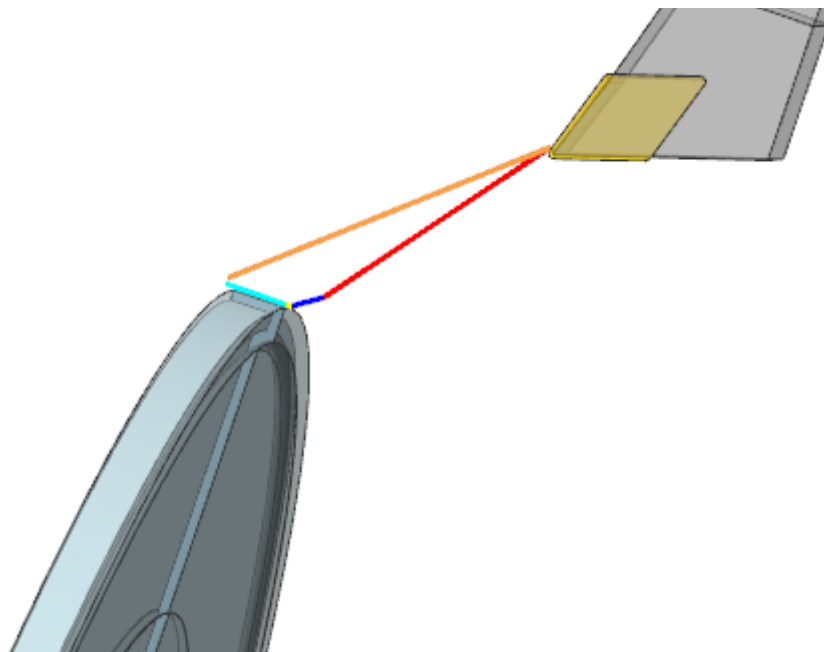


Рисунок 1.18 – Траєкторія руху різця

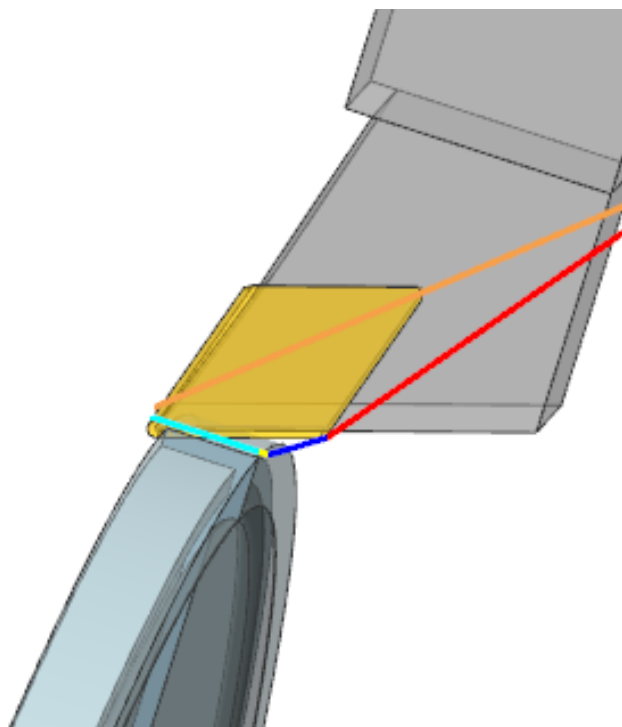


Рисунок 1.19 – Різець у робочій зоні

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X6.0699 Z.0474
N0050 X5.9974 Z-.0591
N0060 G97 S60 M03
N0070 G95 G01 Z-.0787 F.002
N0080 Z-.322
N0090 X6.0171 F.0394
N0100 G94 G00 X6.8794 Z.6705
N0110 M02
%

```

Рисунок 1.20 – Програма обробки

На рисунку 1.21 зображена траєкторія руху прохідного різця під час чистової обробки шийки. На рисунку 1.22 зображений прохідний різець в кінці робочого ходу. На рисунку 1.23 зображена програма чистової обробки шийки прохідним різцем.

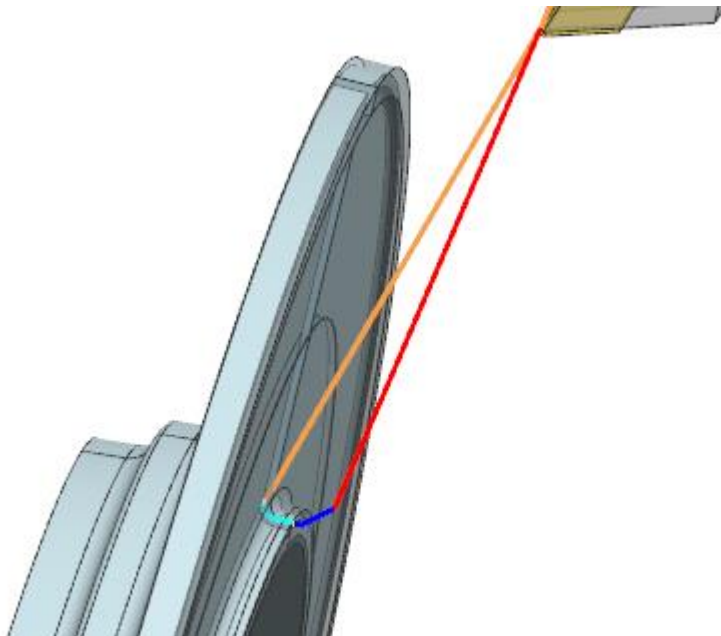


Рисунок 1.21 – Траєкторія руху різця

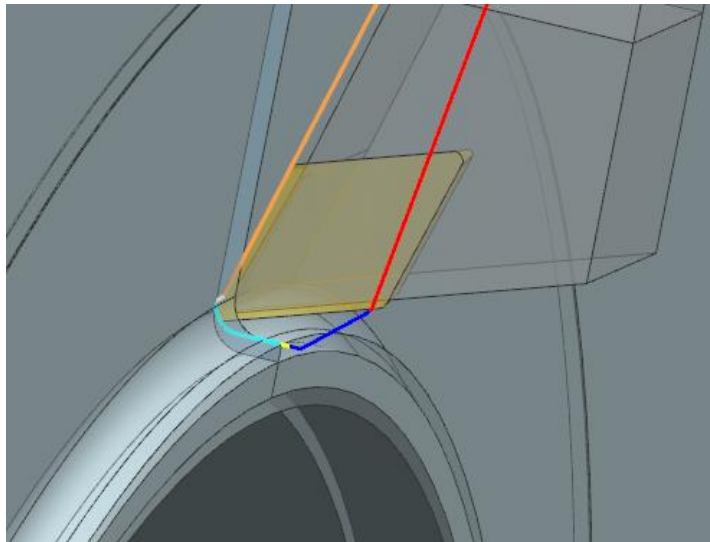


Рисунок 1.22 – Різець у робочій зоні

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X3.9829 Z.178
N0050 X3.8681 Z.0433
N0060 Z.0197
N0070 G97 S60 M03
N0080 G95 G01 Z0.0 F.002
N0090 Z-.1004
N0100 G02 X3.9272 Z-.1594 I.0591 K0.0
N0110 G01 X3.9411 Z-.1455 F.0394
N0120 G94 G00 X6.4532 Z.604
N0130 M02
%
```

Рисунок 1.23 – Програма обробки

На рисунку 1.24 зображена траєкторія руху розточного різця під час обробки виточки. На рисунку 1.25 зображений розточний різець в робочій зоні, під час обробки виточки. На рисунку 1.26 зображена програма чистової обробки виточки розточним різцем.

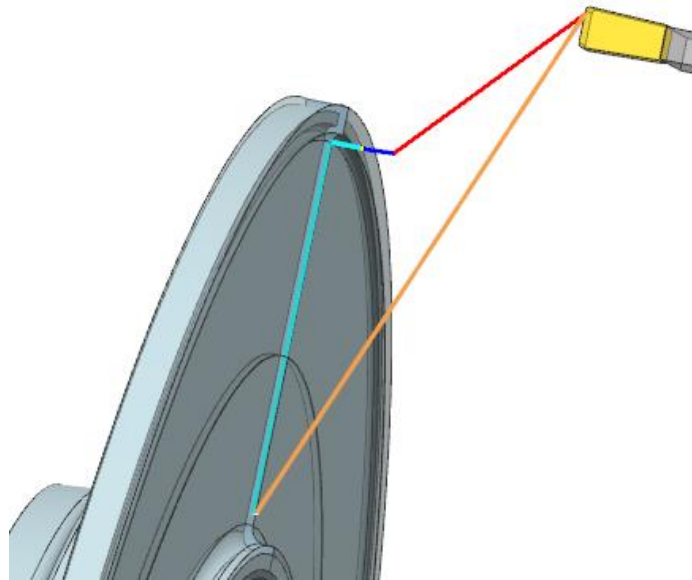


Рисунок 1.24 – Траєкторія руху різця

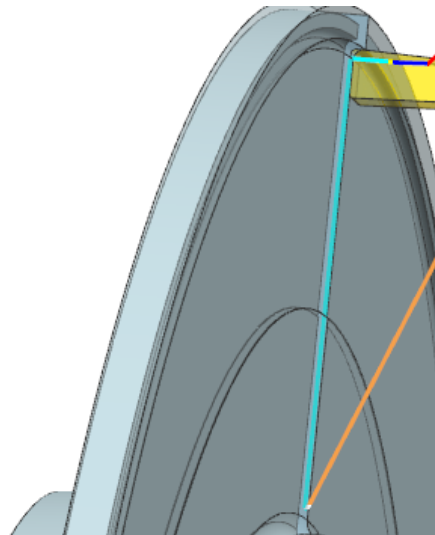


Рисунок 1.25 – Різець у робочій зоні

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X5.8124 Z.1774
N0050 X5.8053 Z.0477
N0060 X5.807 Z.0359
N0070 G97 S60 M03
N0080 G95 G01 Z.0163 F.002
N0090 Z-.1353
N0100 X3.9976
N0110 G03 X3.9923 Z-.1265 I.0477 K.0349
N0120 G01 X4.01 Z-.1178 F.0394
N0130 G94 G00 X6.6388 Z.9374
N0140 M02
%
```

Рисунок 1.26 – Програма обробки

На рисунку 1.27 зображена траєкторія руху розточного різця під час чистової обробки внутрішнього діаметру. На рисунку 1.28 зображений розточний різець в кінці робочого ходу. На рисунку 1.29 зображена програма чистової обробки внутрішнього діаметру розточним різцем.

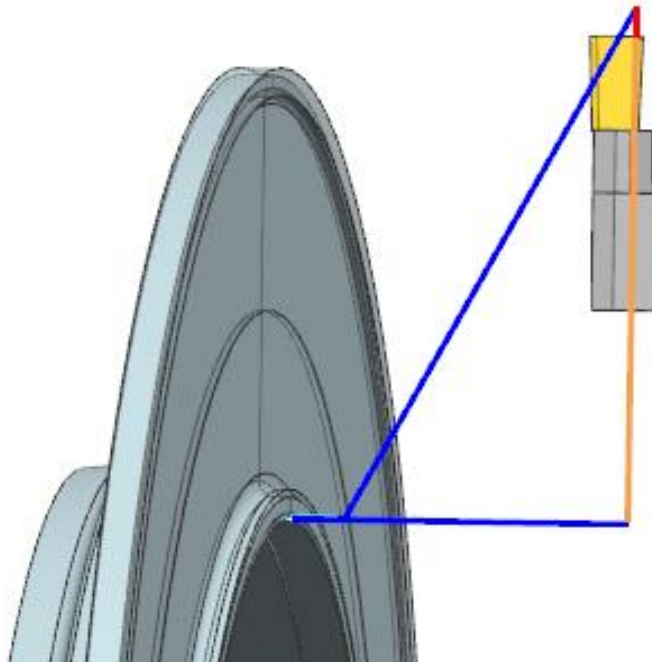


Рисунок 1.27 – Траєкторія руху різця

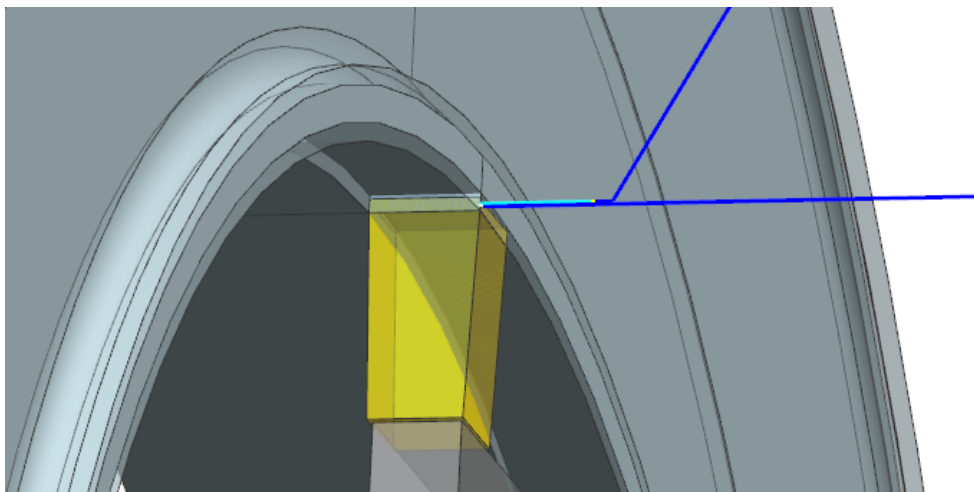


Рисунок 1.28 – Різець у робочій зоні

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X6.3195 Z1.7194
N0050 X3.7245 Z.2795
N0060 Z.2441
N0070 G97 S60 M03
N0080 G95 G01 Z.2362 F.0016
N0090 Z0.0
N0100 X3.7189 Z.0056 F.0394
N0110 G94 G00 Z1.7174
N0120 X6.2633
N0130 M02
%
```

Рисунок 1.29 – Програма обробки

1.8.2 Розробка свердлильної операції

За допомогою модулю NX-CAM були отримані графічні зображення та програма на свердлильний та зенкерувальний переходи свердлильної операції з ЧПК (операція 045).

На рисунку 1.30 зображена траєкторія руху свердла під час обробки 67 отворів. На рисунку 1.31 зображене свердло вкінці робочого ходу. На рисунку 1.32 зображений початок програми обробки 67 отворів свердлом. На рисунку 1.33 зображений кінець програми обробки.

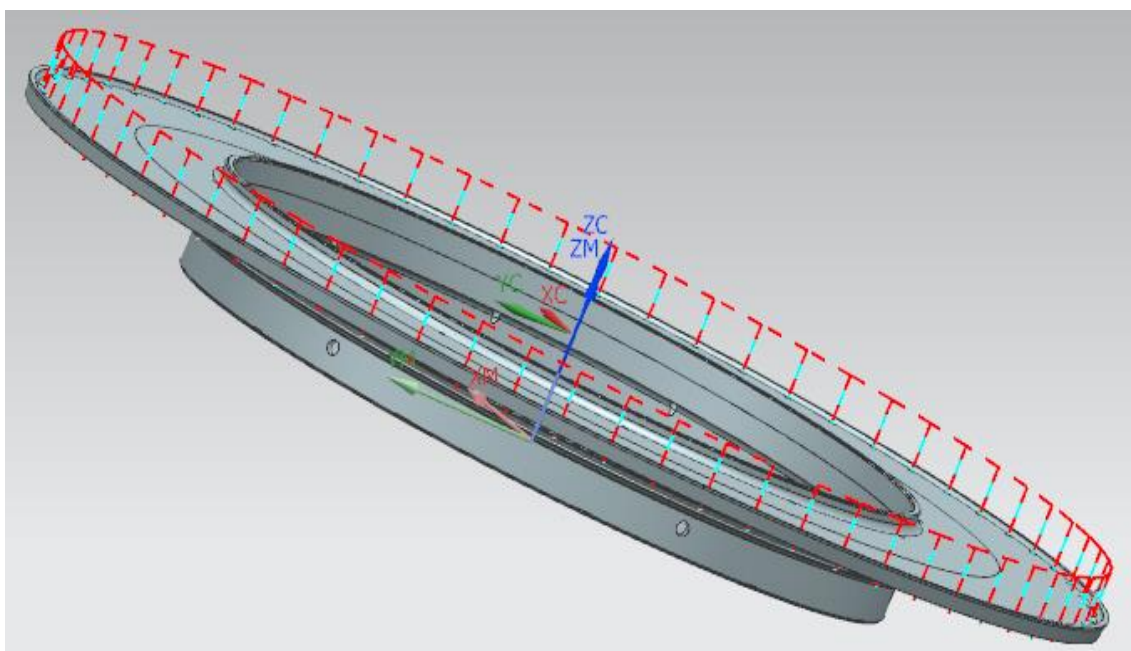


Рисунок 1.30 – Траєкторія руху свердла

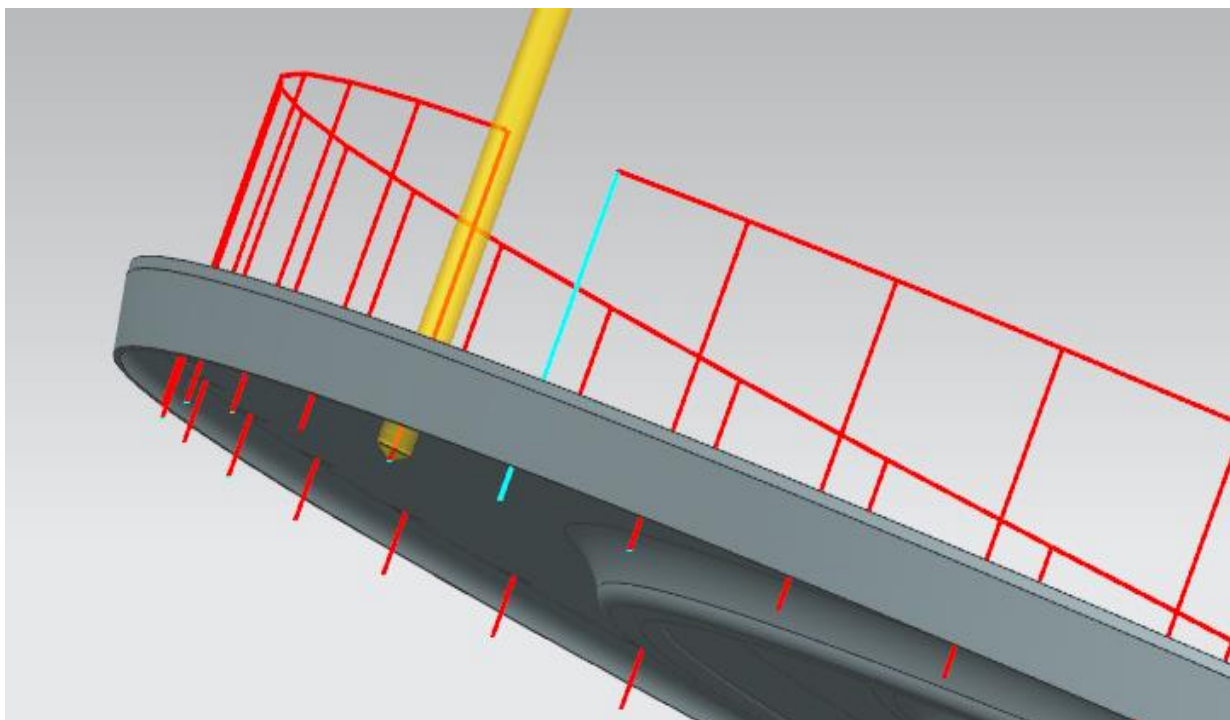


Рисунок 1.31 – Свердло у робочій зоні

```

%
N0010 G40 G17 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G0 G90 X-5.781 Y.2713 S3000 M03
N0050 G43 Z1.3484 H00
N0060 G81 Z.7027 R1.3484 F.1
N0070 X-5.7302 Y.8114
N0080 X-5.6291 Y1.3444
N0090 X-5.4784 Y1.8657
N0100 X-5.2797 Y2.3705
N0110 X-5.0345 Y2.8544
N0120 X-4.7451 Y3.3133
N0130 X-4.414 Y3.7431
N0140 X-4.0441 Y4.14
N0150 X-3.6386 Y4.5005
N0160 X-3.2012 Y4.8215
N0170 X-2.7356 Y5.1
N0180 X-2.246 Y5.3338
N0190 X-1.7367 Y5.5207
N0200 X-1.2121 Y5.659
N0210 X-.6769 Y5.7477
N0220 X-.1357 Y5.7858
N0230 X.4067 Y5.7731

```

Рисунок 1.32 – Початок програми обробки

```

N0530 X1.476 Y-5.596
N0540 X.9455 Y-5.7096
N0550 X.4067 Y-5.7731
N0560 X-.1357 Y-5.7858
N0570 X-.6769 Y-5.7477
N0580 X-1.2121 Y-5.659
N0590 X-1.7367 Y-5.5207
N0600 X-2.246 Y-5.3338
N0610 X-2.7356 Y-5.1
N0620 X-3.2012 Y-4.8215
N0630 X-3.6386 Y-4.5005
N0640 X-4.0441 Y-4.14
N0650 X-4.414 Y-3.7431
N0660 X-4.7451 Y-3.3133
N0670 X-5.0345 Y-2.8544
N0680 X-5.2797 Y-2.3705
N0690 X-5.4784 Y-1.8657
N0700 X-5.6291 Y-1.3444
N0710 X-5.7302 Y-.8114
N0720 X-5.781 Y-.2713
N0730 G80
N0740 M02
%
```

Рисунок 1.33 – Кінець програми обробки

На рисунку 1.34 зображена траєкторія зенкеру під час обробки 67 отворів. На рисунку 1.35 зображений зенкер вкінці робочого ходу. На рисунках 1.36, 1.37 зображені початок і кінець програми обробки 67 отворів зенкером.

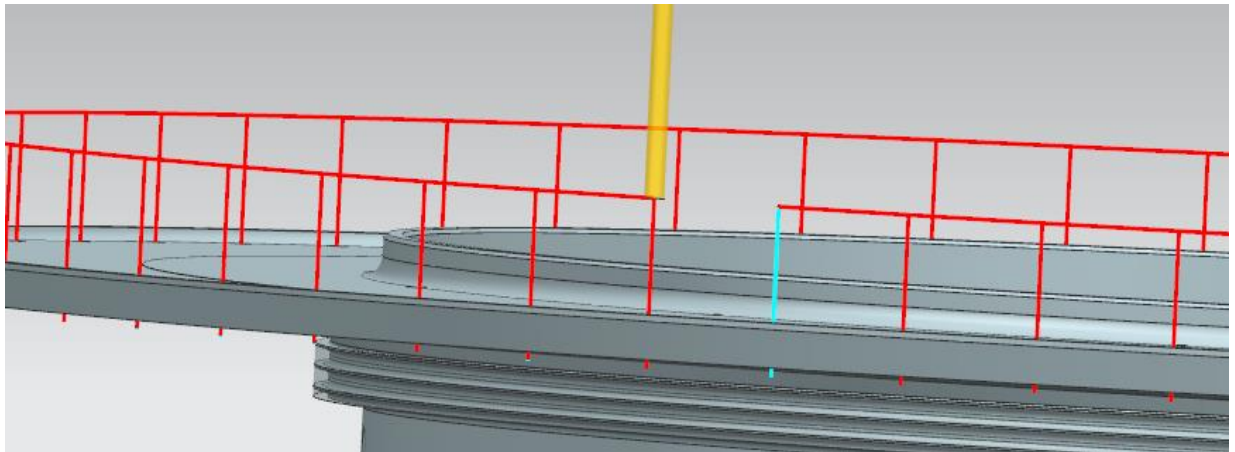


Рисунок 1.34 – Траєкторія руху зенкеру

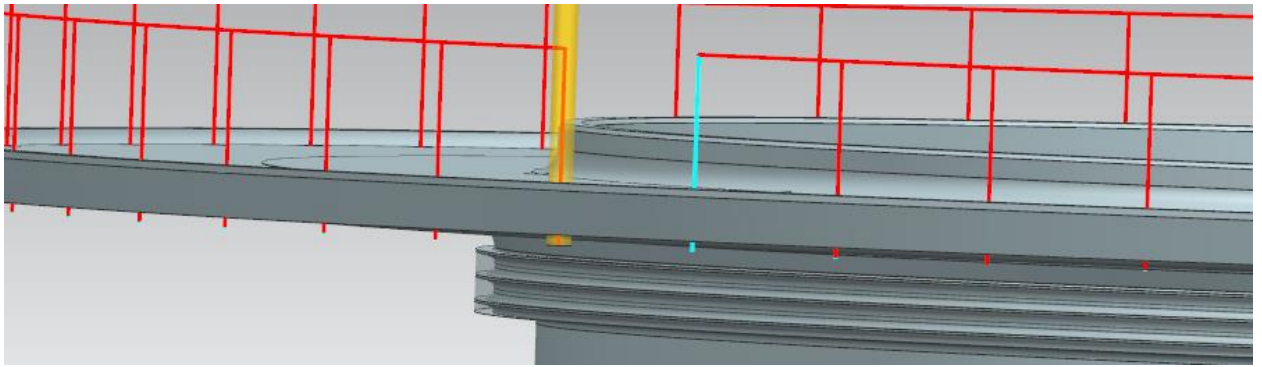


Рисунок 1.35 – Зенкер у робочій зоні

```

%
N0010 G40 G17 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G0 G90 X-5.781 Y.2713 S1030 M03
N0050 G43 Z1.3484 H00
N0060 G81 Z.7252 R1.3484 F.1
N0070 X-5.7302 Y.8114
N0080 X-5.6291 Y1.3444
N0090 X-5.4784 Y1.8657
N0100 X-5.2797 Y2.3705
N0110 X-5.0345 Y2.8544
N0120 X-4.7451 Y3.3133
N0130 X-4.414 Y3.7431
N0140 X-4.0441 Y4.14
N0150 X-3.6386 Y4.5005
N0160 X-3.2012 Y4.8215
N0170 X-2.7356 Y5.1
N0180 X-2.246 Y5.3338
N0190 X-1.7367 Y5.5207
N0200 X-1.2121 Y5.659
N0210 X-.6769 Y5.7477
N0220 X-.1357 Y5.7858

```

Рисунок 1.36 – Початок програми обробки

```

N0530 X1.476 Y-5.596
N0540 X.9455 Y-5.7096
N0550 X.4067 Y-5.7731
N0560 X-.1357 Y-5.7858
N0570 X-.6769 Y-5.7477
N0580 X-1.2121 Y-5.659
N0590 X-1.7367 Y-5.5207
N0600 X-2.246 Y-5.3338
N0610 X-2.7356 Y-5.1
N0620 X-3.2012 Y-4.8215
N0630 X-3.6386 Y-4.5005
N0640 X-4.0441 Y-4.14
N0650 X-4.414 Y-3.7431
N0660 X-4.7451 Y-3.3133
N0670 X-5.0345 Y-2.8544
N0680 X-5.2797 Y-2.3705
N0690 X-5.4784 Y-1.8657
N0700 X-5.6291 Y-1.3444
N0710 X-5.7302 Y-.8114
N0720 X-5.781 Y-.2713
N0730 G80
N0740 M02

```

%

Рисунок 1.37 – Кінець програми обробки

1.8.3 Розробка фрезерної операції

За допомогою модулю NX-CAM були отримані графічні зображення та програма обробки фрезерної операції з ЧПК (операція 060).

На рисунку 1.38 зображена траєкторія руху фрези під час обробки 12 пазів на торці деталі. На рисунку 1.39 зображена фреза в кінці робочого ходу. На рисунках 1.40, 1.41 зображені початок і кінець програми обробки 12 пазів фрезою.

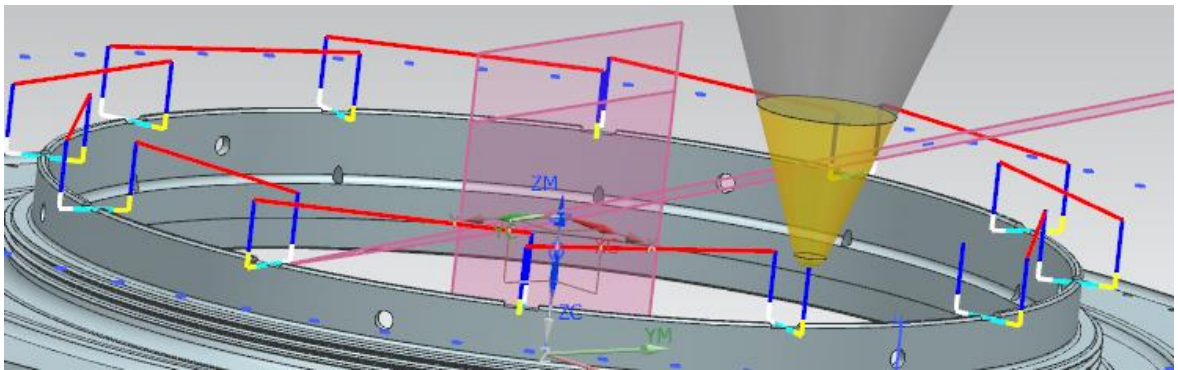


Рисунок 1.38 – Траєкторія руху фрези

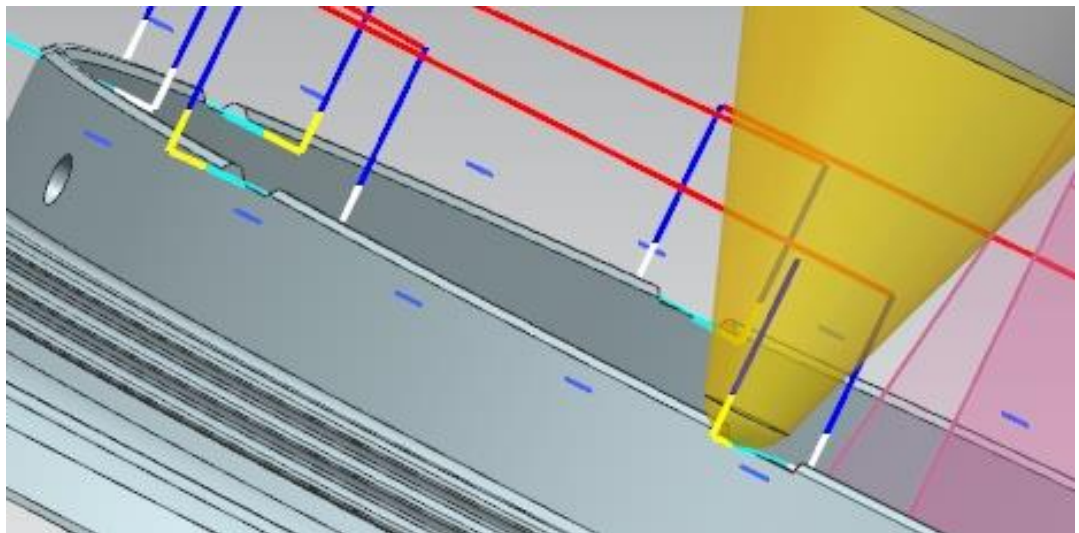


Рисунок 1.39 – Фреза у робочій зоні

```

%
N0010 G40 G17 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G0 G90 X3.9857 Y-1.068 S675 M03
N0050 G43 Z1.5197 H00
N0060 Z1.126
N0070 G1 Z1.0079 F1.1 M08
N0080 X3.8694 Y-1.0368
N0090 X3.5462 Y-.9502
N0100 X3.4321 Y-.9196
N0110 Z1.126
N0120 G0 Z1.5197
N0130 X2.9177 Y-2.9177
N0140 Z1.126
N0150 G1 Z1.0079
N0160 X2.8326 Y-2.8326
N0170 X2.596 Y-2.596
N0180 X2.5125 Y-2.5125
N0190 Z1.126
N0200 G0 Z1.5197
N0210 X1.068 Y-3.9857
N0220 Z1.126

```

Рисунок 1.40 – Початок програми обробки

```

N0790 G1 Z1.0079
N0800 X1.0368 Y3.8694
N0810 X.9502 Y3.5462
N0820 X.9196 Y3.4321
N0830 Z1.126
N0840 G0 Z1.5197
N0850 X2.9177 Y2.9177
N0860 Z1.126
N0870 G1 Z1.0079
N0880 X2.8326 Y2.8326
N0890 X2.596 Y2.596
N0900 X2.5125 Y2.5125
N0910 Z1.126
N0920 G0 Z1.5197
N0930 X3.9857 Y1.068
N0940 Z1.126
N0950 G1 Z1.0079
N0960 X3.8694 Y1.0368
N0970 X3.5462 Y.9502
N0980 X3.4321 Y.9196
N0990 Z1.126
N1000 G0 Z1.5197
N1010 M02
%

```

Рисунок 1.41 – Кінець програми обробки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Дане пристосування призначене для свердлильної обробки отворів малого діаметру в деталях типу «Покривающий диск» (див. складальне креслення).

Пристрій встановлюється на стіл за допомогою штифтів поз. 12 та поз. 11 і закріплюється чотирма бовтами.

Оброблювана заготовка встановлюється на диску поз. 3, що кріпиться до корпусу поз. 7 бовтом поз. 14 і шпилькою поз. 10, і накривається диском поз. 4 з кондукторами поз. 6, які кріпляться у ньому за допомогою шпильок поз. 8 у змінних втулках поз. 5. На диску встановлюється гачок поз. 2 за допомогою шпильки поз. 9, який служить для фіксації диску відносно деталі. При подачі рідини в штокову порожнину гідроциліндра поз. 1, поршень гідроциліндра тягне за собою шток поз. 13 що притискає гачок до диску за допомогою гайки поз. 15.

Після закінчення обробки, рідина подається в без штокову порожнину гідроциліндра, при цьому з штокової рідини стравлюється. Поршень гідроциліндра штовхає бовт і звільняє оброблену деталь.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок похибки установки

Похибка установки – різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту.

Похибка установки $\varepsilon_{уст}$, мм розраховується за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{баз}^2 + \varepsilon_{закр}^2}, \quad (2.1)$$

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

$\varepsilon_{закр}$ – похибка закріплення.

Похибка базування – частина погрішності установки, викликана неспівпаданням вимірювальної і настроювальної баз.

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

Установка відбувається по двом плоским поверхням по $\varnothing 197$ мм, рисунок 2.1

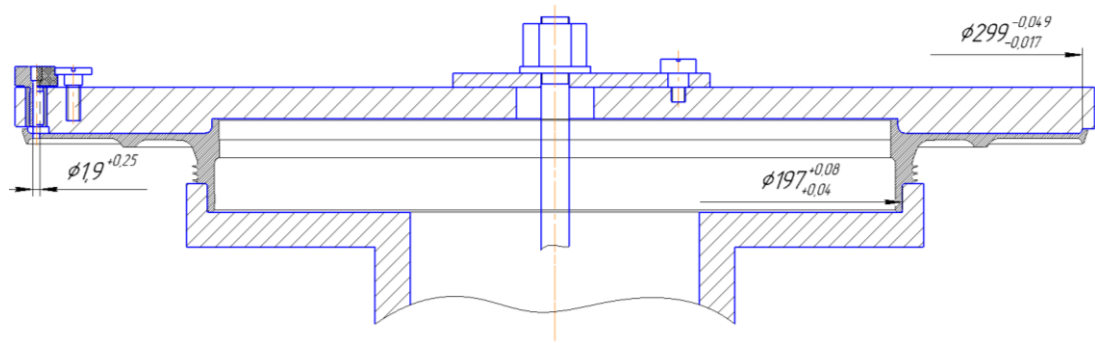


Рисунок 2.1 – Схема установки по двом плоским поверхням по $\varnothing 197$ мм

Обираємо похибку базування $\varepsilon_{\text{баз}}$, мм по [3, с.45, т.18]:

$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,04$ мм – допуск дорівнює допуску на встановлювальний розмір.

Обираємо похибку закріплення

$\varepsilon_{\text{закр}} = 0$ мм – оскільки напрям сили затиску не співпадає з розміром обробки:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,04^2 + 0^2} = 0,04$$

Виконуємо перевірку на достатність точності установки

$$\varepsilon_{\text{уст}} = 0,04 < \frac{1}{3} T_{\text{обр}} = \frac{1}{3} \times 0,25 = 0,08 \text{ мм} \text{ – умова виконується}$$

Виконавчий розмір на координати вісей кондукторних втулок розраховується за формулою (2.2):

$$T_k \leq T_d - k \times \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (2.2)$$

де $T_d = 0,25$ мм – поле допуску на розмір обробки;

$k = 1$ – коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складової величини від закону нормального розподілення, і залежить від кількості складових похибок [8, с.90];

Δ_1 – доля похибок обробки, що залежить від зміщення вісі свердла відносно вісі отвору змінної втулки, розраховується за формулою (2.3):

$$\Delta_1 = S_{1max} = d_{отв.мах} - d_{св.мин}, \quad (2.3)$$

де $d_{отв.мах} = 1,920$ мм – максимальний діаметр отвору змінної втулки [8, с. 88, т. 5.18];

$d_{св.мин} = 1,875$ мм – мінімальний діаметр свердла [8, с. 86, т. 5.17].

$$\Delta_1 = 1,920 - 1,875 = 0,045 \text{ мм}$$

Δ_2 – доля похибки обробки, що залежить від зміщення вісі змінної втулки відносно вісі постійної втулки, розраховується за формулою (2.4):

$$\Delta_2 = S_{2max} = d_{незм.мах} + d_{зм.мин}, \quad (2.4)$$

де $d_{незм.мах} = 4,012$ мм – максимальний діаметр отвору незмінної втулки, що визначається по квалітету Н7;

$d_{зм.мин} = 3,988$ мм – мінімальний діаметр змінної втулки, що визначається по квалітету г6.

$$\Delta_2 = 4,012 - 3,988 = 0,024 \text{ мм}$$

$\Delta_3 = 2e = 0,01$ мм – доля похибок обробки, що викликана зміщенням вісі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок. Величина допустимого ексцентриситету e однієї кондукторної втулки, приймається рівною 0,005 мм;

$\Delta_4 = 0,01$ мм – доля похибок обробки, що залежить від величини допустимого зносу змінної втулки по напрямному діаметру [8, с. 89, т. 5.19];

Δ_5 – доля похибок обробки, що враховує перекус інструменту в процесі обробки. Схема по визначенню Δ_5 приведена на рис 2.2.

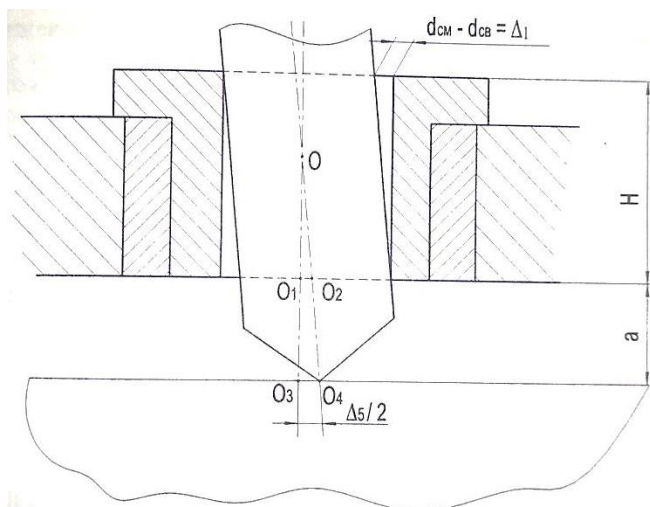


Рисунок 2.2 – Схема для визначення перекоосу свердла

З подібності трикутника ΔOO_3O_4 та ΔOO_1O_2 маємо формулу (2.5):

$$O_3O_4 = O_1O_2 \frac{OO_3O_4}{OO_1} \times \frac{\Delta_5}{2} = \frac{\Delta_1}{2} \times \frac{\frac{H}{2} + a}{\frac{H}{2}}, \quad (2.5)$$

Звідки виводимо формулу (2.6):

$$\Delta_5 = \Delta_1 \times \frac{H+2a}{H}, \quad (2.6)$$

де $H = 17$ мм – висота кондукторної втулки;

$a = 1,52$ мм – величина зазору для виходу стружки в процесі обробки.

Оскільки в процесі обробки не може бути одночасно зміщення вісі свердла та його перекіс, тоді в розрахунок необхідно враховувати більшу з них, а саме, перекіс свердла Δ_5 .

Тому розрахункова формула (2.2) в кінцевому вигляді має вигляд (2.7)

$$T_k \leq T_d - k \times \sqrt{\varepsilon_6^2 + \left(\Delta_1 \times \frac{H+2a}{H}\right)^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2}, \quad (2.7)$$

$$T_k \leq 0,25 - 1 \times \sqrt{0,04^2 + \left(0,045 \times \frac{17 + 2 \times 1,52}{17}\right)^2 + 0,024^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = 0,19$$

Призначаємо виконавчий розмір на координати вісей кондукторних втулок

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} = \pm 0,09$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Для забезпечення правильної роботи пристрою та уникнення зсуву деталі навколо центральної вісі деталі, необхідно призначити правильний діаметр гідроциліндру.

Розраховуємо дійсну силу затиску W_0 , за формулою (2.9)

$$W_{\partial} = \frac{k \times M \times n}{\frac{f}{3} \times \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}, \quad (2.9)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення, розраховується за формулою (2.10):

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_6, \quad (2.10)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$ – при обробці чистової поверхні;

$K_2 = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок притуплення ріжучої кромки [8, с.101, т.6.1];

$K_3 = 1,0$ – для безперервного різання;

$K_4 = 1,0$ – для гідравлічного затискного механізму двосторонньої дії;

$K_6 = 1,5$ – при установці заготовки по плоскій поверхні без штирів.

$$K = 1,5 \times 1,0 \times 1,15 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 2,59$$

$n = 1$ – кількість одночасно працюючих інструментів;

$f_{on} = 0,25$ – коефіцієнт тертя плоскої залізної поверхні;

M – крутний момент, що розраховується за формулою (2.11):

$$M_{кр} = 10 C_M D^n t^x S_o^y H B^z,$$

(2.11)

де C_M, n, x, y, z – коефіцієнти що враховують тип обробки і матеріал заготовки, що знаходяться по [8, с. 115, т. 6.7-6.8];

$$C_M = 0,96; n = 2; x = 0; y = 0,8; z = 0,7.$$

$$M_{кр} = 10 \times 0,96 \times 1,9^2 \times 0,095^0 \times 0,013^{0,8} \times 1128^{0,7} = 147 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$W = \frac{2,59 \times 147 \times 1}{\frac{0,25}{3} \times \left(\frac{195,5^3 - 190,5^3}{194,5^2 - 190,5^2} \right)} = 15,9 \text{ Н}$$

Розрахуємо діаметр гідроциліндра, необхідний для забезпечення зусилля затиску, за формулою (2.12):

$$D = d \sqrt{\frac{10^2 [\sigma_p] + 0,4p}{10^2 [\sigma_p] - 1,3p}}, \quad (2.12)$$

де $d = 22$ мм – діаметр штоку [8, с. 151, т.7.8];

$p = 10$ МПа – тиск рідини;

$[\sigma_p] = 110$ МПа – напруга розтягу на внутрішній поверхні стінки циліндра.

$$D = 22 \times \sqrt{\frac{10^2 \times 110 + 0,4 \times 10}{10^2 \times 110 - 1,3 \times 10}} = 23,034 \text{ мм}$$

Приймаємо найближчий стандартний розмір гідроциліндру Ø40 мм.
Перевіримо гідроциліндр на міцність за формулою (2.13):

$$\sigma_p = \frac{1,3D^2 + 0,4d^2}{(D^2 - d^2)10^2} \times p \leq [\sigma_p], \quad (2.13)$$
$$\sigma_p = \frac{1,3 \times 40^2 + 0,4 \times 22^2}{(40^2 - 22^2) \times 10^2} \times 10 = 0,2 < 110 \text{ МПа}$$

Оскільки перевірка зійшлася, гідроциліндр вважається відповідним для даного пристосування і цілі.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Дане контрольне пристосування призначене для контролю биття шийки Ø205,5 мм відносно Ø194,5 мм на деталях типу «Покриваючий диск» (див. складальне креслення).

Деталь встановлюється на корпус поз. 2, за допомогою ролика поз. 3, що кріпиться в корпусі за допомогою гвинта поз. 1 по Ø194,5 мм. Індикаторний годинник встановлюється відносно поверхні Ø205,5 мм за допомогою стійки поз. 4.

Допустимою сумарну похибку пристрою допускають 30% від вимірюваного розміру.

Допустиму сумарну похибку пристрою $\varepsilon_{\text{пр}}$, мм розраховуємо за формулою (2.14):

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{кп}} + \varepsilon_e + \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{зв}} + \varepsilon_{\text{ін}}, \quad (2.14)$$

де, $\varepsilon_{\text{кп}} = 0,0015$ мм - частка похибки конструкції пристосування;

$\varepsilon_e = 0$ – похибка, викликана неточністю еталона. В даному пристосуванні еталон не використовується;

$\varepsilon_6 = 0$ – похибка базування (настроювальна і вимірювальні бази співпадають);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення (деталь вільно обертається на роликах);

$\varepsilon_{3\theta} = 0,001$ мм - похибка засобу вимірювання;

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

$\varepsilon_{пр} = 0,0015 + 0 + 0 + 0 + 0,001 + 0,0015 = 0,004$ мм < 0,009 мм

Оскільки умова виконується, пристосування можна вважати придатним для даної операції

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НА ВЕРСТАТІ

Датчики, що встановлюються в шпиндель або револьверну головку, можуть використовуватися для вимірювання розмірів заготовки в процесі її обробки і для контролю першої деталі при переході на нову партію деталей – успішне використання ручних вимірювальних приладів залежить від навичок оператора, а перенос деталі з верстата на контрольно-вимірювальну машину (КВМ) не завжди доцільний. Переваги застосування датчика:

- вимірювання деталей в процесі її виготовлення, що супроводжується автоматичним вводом необхідної корекції;
- збільшення надійності повністю автоматизованої обробки деталей, не потребуючої втручання обслуговуючого персоналу;
- перевірка розмірів першої обробленої деталі при переході на нову партію деталей з подальшим автоматичним вводом корекції;
- зменшення часу простою верстата, пов'язаного з очікуванням результатів перевірки розмірів першої деталі.

При свердленні великої кількості отворів та фрезеруванні великої кількості пазів виникає необхідність витратити багато часу на контроль. Тому було вирішено автоматизувати контроль на обробляючому центрі VMC850E (рис 3.1) за допомогою датчиків автоматичного контролю компанії Renishaw, що пришвидшить контроль розмірів та усуне необхідність в спеціальних шаблонах і калібр-пробках а також необхідність людського втручання в контроль розмірів.

Між датчиками Renishaw і системою ЧПК верстата, на якому використовується цей датчик, має бути встановлений зв'язок. Сигнал спрацьовування датчика повинен попадати в систему ЧПК верстата, щоб зареєструвати момент торкання заготовки або інструмента щупом датчика. Окрім того, між системою ЧПК і датчиком має існувати зворотній зв'язок, щоб ПЧПК верстата могло керувати роботою датчику.

Зв'язок між датчиком і системою ЧПК як раз і забезпечується системою передачі сигналів. Вибір конкретної системи передачі сигналів визначається типом використовуваного датчику і типом верстата, на якому він встановлений.



Рисунок 3.1 – Обробляючий центр VMC850E

Датчики для контролю деталей на обробних центрах зазвичай знаходяться в інструментальному магазині верстата і встановлюються в шпиндель так само, як і звичайний інструмент. Тому зв'язок між датчиком і системою ЧПК, як правило, дистанційна.

Положення датчика для наладки інструмента на верстаті зазвичай фіксоване, що дозволяє організувати між датчиком і ПЧПК дротовий зв'язок.

Датчики Renishaw працюють з чотирма основними системами передачі сигналів:

- оптичними;
- радіочастотними;
- індуктивними;
- дротовими.

Для даного типу контролю обробки було вирішено використання оптичної системи передачі сигналів.

Система оптичної передачі сигналів (рис. 3.2) забезпечує передачу сигналів між датчиком і системою ЧПК в інфрачервоному діапазоні. Складовими компонентами такої системи є:

1) Датчик, який отримує сигнал від ПЧПК верстата і, в свою чергу, передає в систему ЧПК сигнали про стан датчика. У датчику два активні режими: режим очікування і робочий режим. В режимі очікування датчик виконує роль приймача, що чекає сигналу, який переведе його до робочого

режиму. В робочому режимі, датчик передає сигнал про свій стан до приймача ОММ та інформацію про стан елементів живлення.

2) Приймач оптичних сигналів (ОММ), що є приймально-передавальним пристроєм, який підтримує зв'язок з датчиком і за допомогою дроту підключається до інтерфейсу верстата.

3) Інтерфейс для підключення до верстата (МІ12), що перетворює сигнали датчика таким чином, щоб вони були сумісними з системою ЧПК верстата. Крім того, на ньому є візуальні та/або звукові індикатори стану датчика, наявності живлення системи, стану елементів живлення і діагностики помилок датчика.

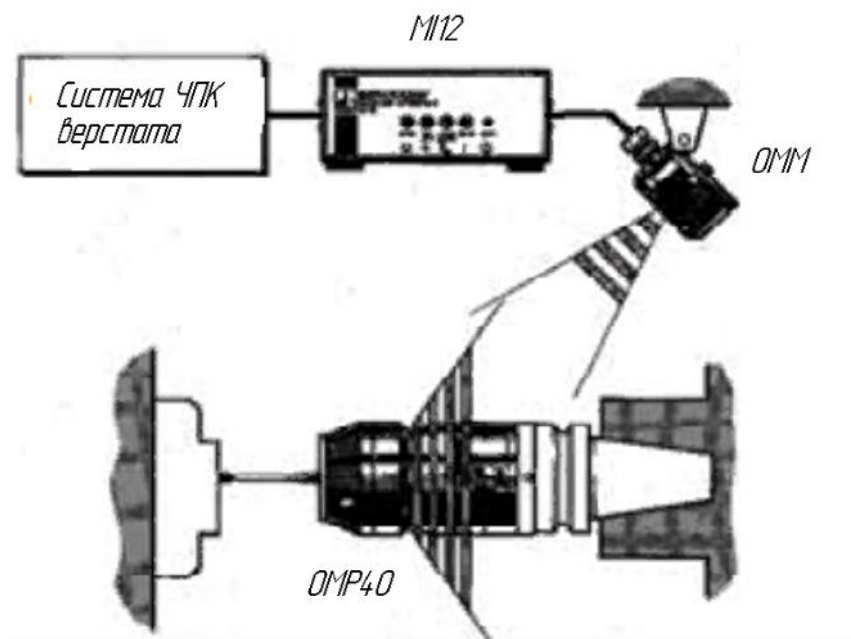


Рисунок 3.2 – Система оптичної передачі сигналів

ОММ (рис 3.3) являє собою оптичний приймально-передавальний пристрій, який забезпечує передачу сигналів між датчиком і системою ЧПК верстата.

Область застосування ОММ – обробляючі центри і токарні верстати середніх розмірів.

Тип передачі сигналу – оптична передача в інфрачервоному діапазоні.

Кабель – екранований 5-тижильний кабель довжиною 25 м.

Закріплення – мається монтажна скоба для регулювання положення.

Ступінь захисту – IPX8.

Сумісні інтерфейси – ОММ підключається до МІ12, до одного МІ12 може бути підключені два приймачі ОММ.

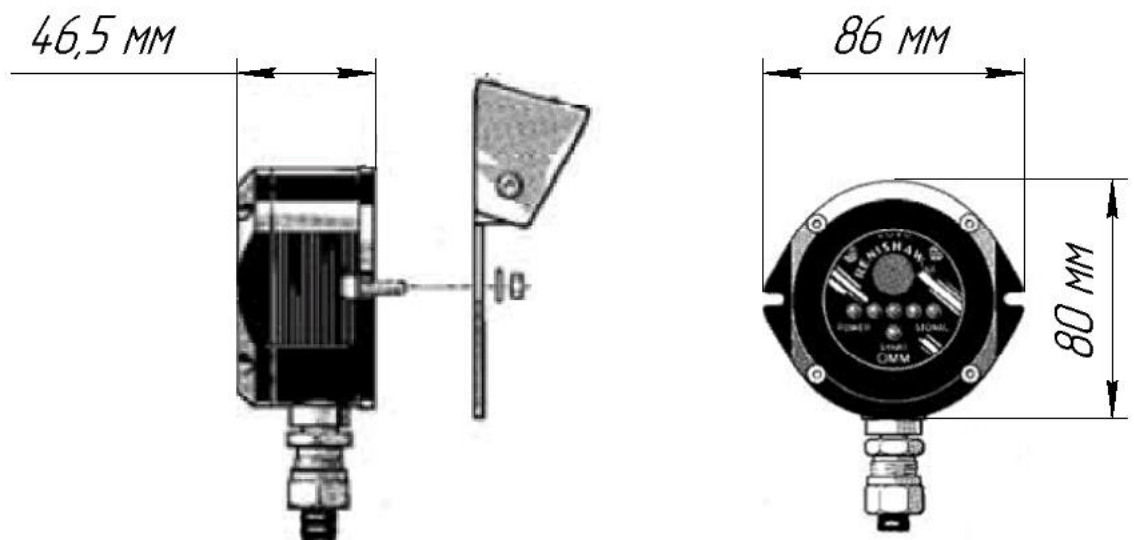


Рисунок 3.3 – Оптичний приймально-передавальний пристрій ОММ

Сумісні датчики – ОМР40, МР10, МР12 і МР700 для контролю деталей на обробляючих центрах. LTO2S, LTO2T, LTO3Ti LTO2 для контролю деталей на токарних верстатах.

Датчик і приймач не зобов'язані лежати на центральній оптичній вісі, але необхідно, щоб ці пристрої не виходили за границі конусів випромінювання одне одного, і між ними весь час існувала пряма видимість. Наявність відбиваючих поверхонь всередині робочого простору верстата може призвести до ефективного збільшення області впевненого прийому/передачі сигналу.

Датчик ОМР40 підтримує оптичну передачу сигналу і режим дистанційного вмикання в діапазоні 360°.

Приведений на рисунку 3.4 діапазон передачі оптичного сигналу не залежить від орієнтації шпинделя.

Кутові діапазони передачі сигналів представлені на рисунку 3.3. [9]

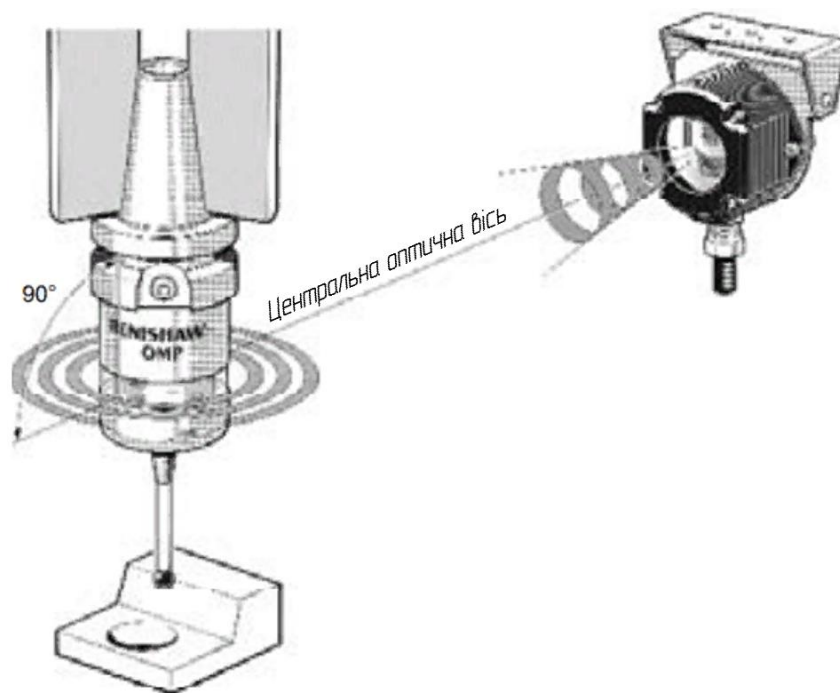


Рисунок 3.3 – Кутові діапазони передачі сигналів

- – Ефективна область передачі сигналів
ввімкнення/вимкнення
- – Ефективна область розповсюдження сигналів
в робочому режимі

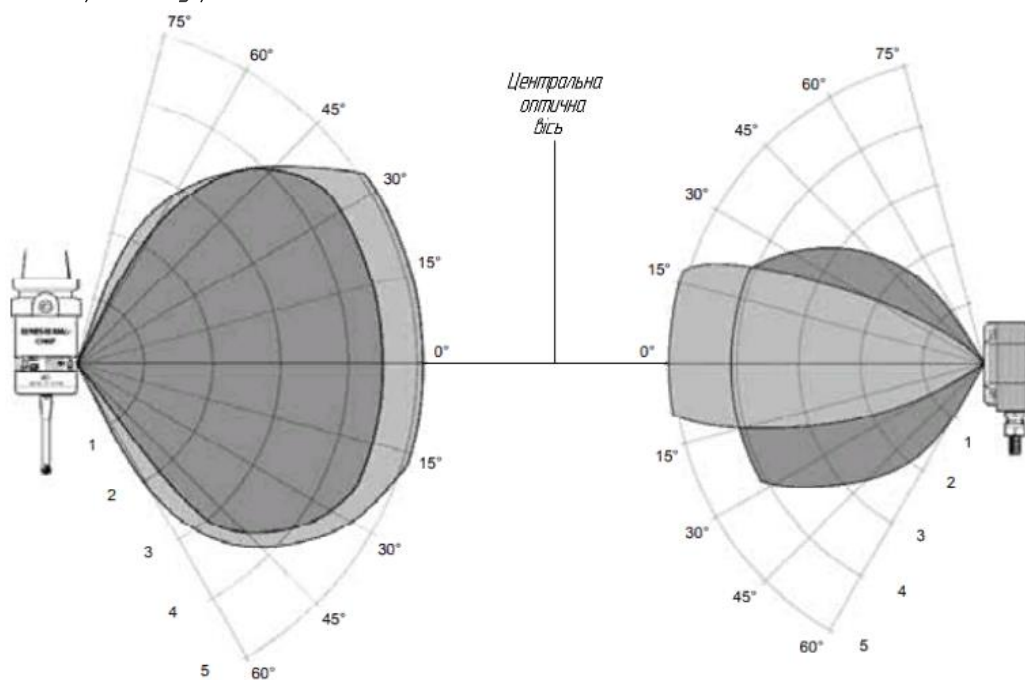


Рисунок 3.4 – Діапазон передачі оптичного сигналу

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДУЛЮ NX-CAM

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Під час роботи, деталь «Покриваючий диск» насаджується на шийку $\varnothing 190,2$ та кріпиться до робочого диска за допомогою торцевих отворів $\varnothing 2$, та сприймає загрузку під дією обертаючого моменту.

За допомогою модуля NX-CAM було розраховано напружено деформований стан на деталі при таких умовах: закріплення деталі відбувалося по $\varnothing 190,2$ за допомогою функції «Просторовий шарнір» (всі ступені свободи переміщення фіксовані, та всі обертові вільні), рис. 4.1; за допомогою функції «обертовий момент» (застосовує крутне навантаження до нормальної вісі деталі) було прикладене навантаження $F=20000 \text{ N} \cdot \text{м}$, рис 4.2.

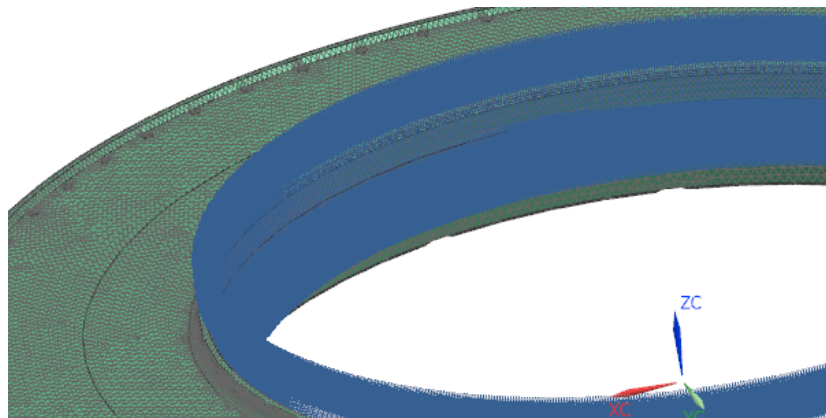


Рисунок 4.1 – Ескіз закріплення деталі

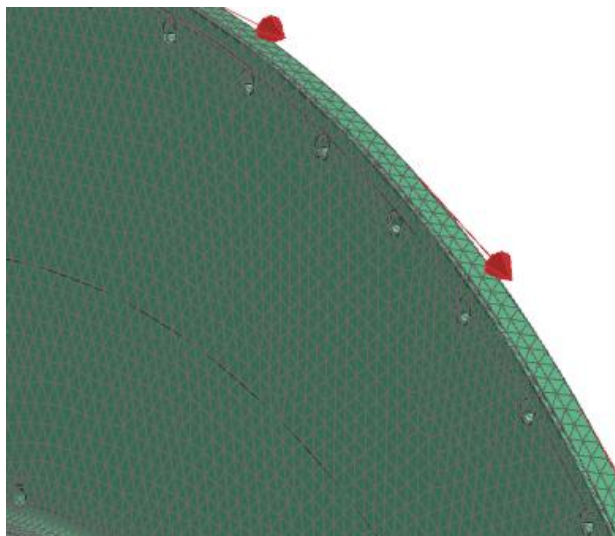


Рисунок 4.2 – Ескіз прикладення навантаження

В результаті розрахунку, рис. 4.3 було показано, що концентратором напруження на деталі є отвори $\varnothing 2$ на торці деталі, що сприймають напруження в 351,38 МПа.

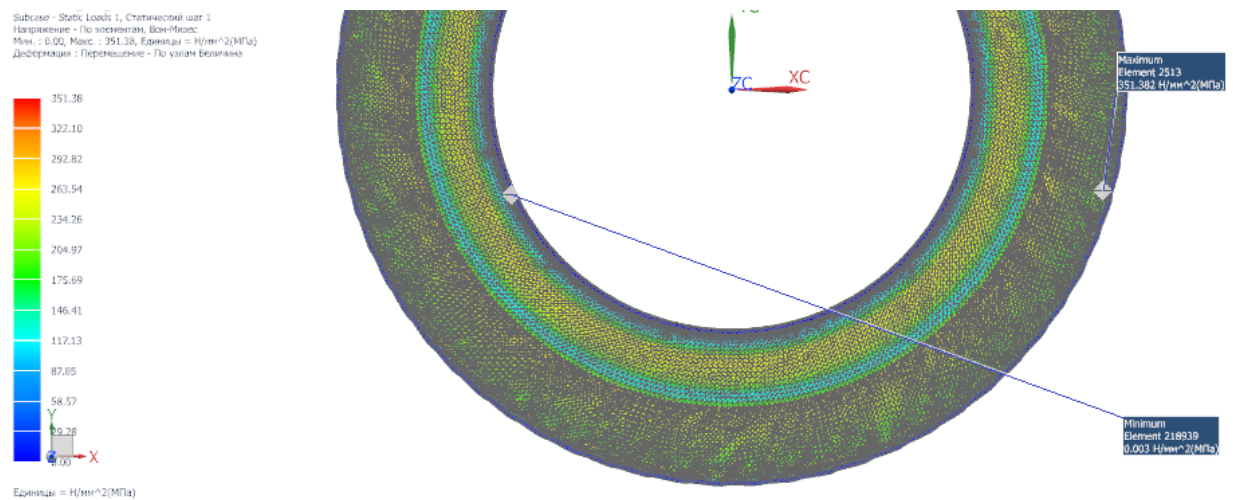


Рисунок 4.3 – Результати розрахунків при навантаженні $F=20000 \text{ N} \cdot \text{м}$

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

При додаванні фаски $0,3 \times 45^\circ$ на $\varnothing 2$, закраплені за допомогою функції «Просторовий шарнір» та прикладанні навантаження $F=16000 \text{ N} \cdot \text{м}$ за допомогою функції «обертовий момент», результат розрахунку показує, що в отворі виникає допустиме напруження в 329,84 МПа (рис. 4.4).

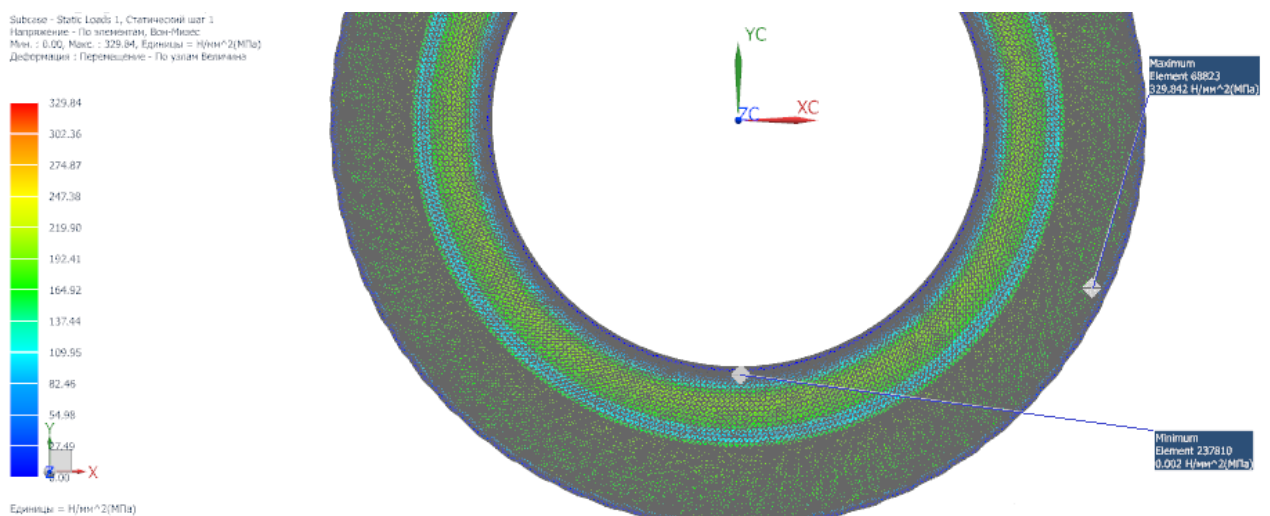


Рисунок 4.4 – Результати розрахунків з фаскою $0,3 \times 45^\circ$ та навантаженням $F=16000 \text{ N} \cdot \text{м}$

При додаванні радіусу округлення R0,3 на Ø2, закраплені за допомогою функції «Просторовий шарнір» та прикладанні навантаження $F=16000 \text{ N} \cdot \text{м}$ за допомогою функції «обертний момент», результат розрахунку показує, що в отворі виникає допустиме напруження в 308,67 МПа (рис. 4.5).

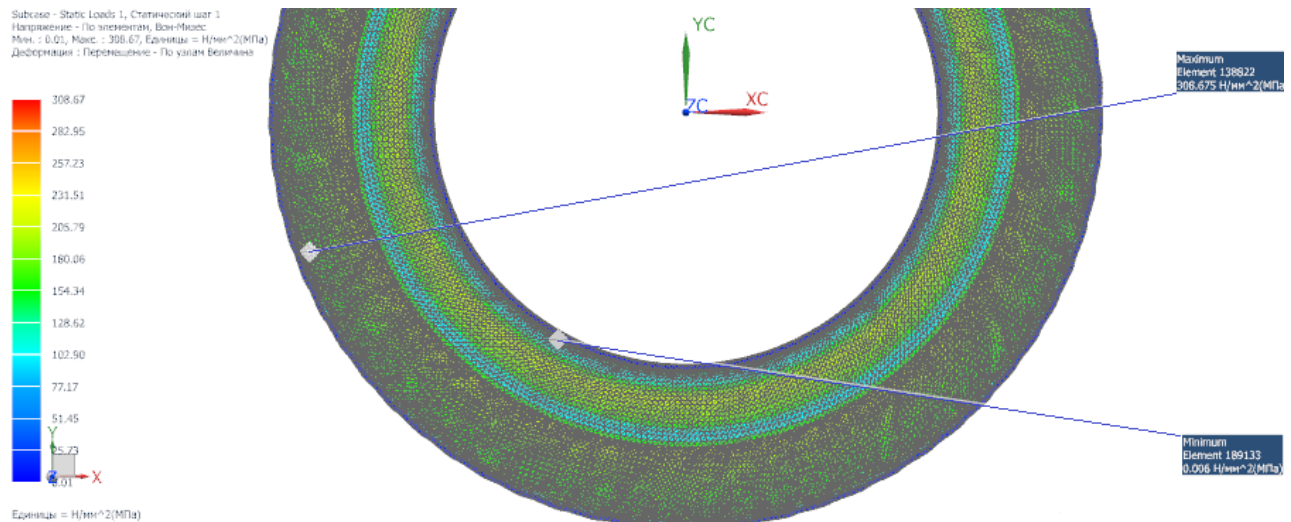


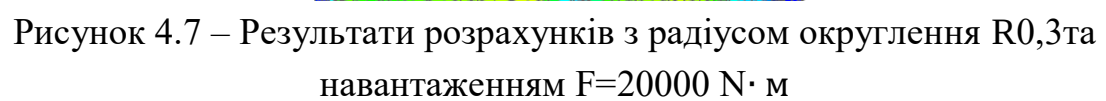
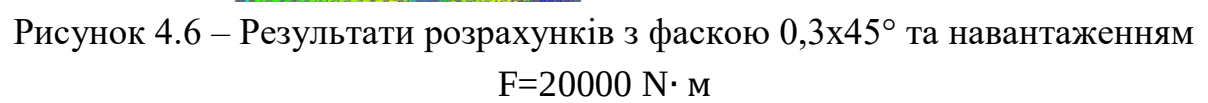
Рисунок 4.5 – Результати розрахунків з радіусом округлення R0,3 та навантаженням $F=16000 \text{ N} \cdot \text{м}$

4.3 Оптимізація геометрії деталі

Для зменшення напруги в торцевих отворах Ø2 було вирішено зробити фаски $0,3 \times 45^\circ$, оскільки гострі кромки є концентраторами напруги. При прикладенні навантаження $F=20000 \text{ N} \cdot \text{м}$ результати розрахунків (рис. 4.6) показали, що додавання фаски погіршило результат та призвело до зростання напруження в отворах до 380,23 МПа.

Також був проведений експеримент з додаванням радіусу округлення R0,3 в торцевих отворах Ø2. При прикладенні навантаження $F=20000 \text{ N} \cdot \text{м}$ результати розрахунків (рис. 4.7) показали, що додавання радіусів округлень призвело до зростання напруження в отворах до 385,84 МПа.

Оскільки зміна конструкції отворів призводила тільки до погіршення результатів, робимо висновок, що конструкція деталі оптимальна та не потребує оптимізації геометрії.



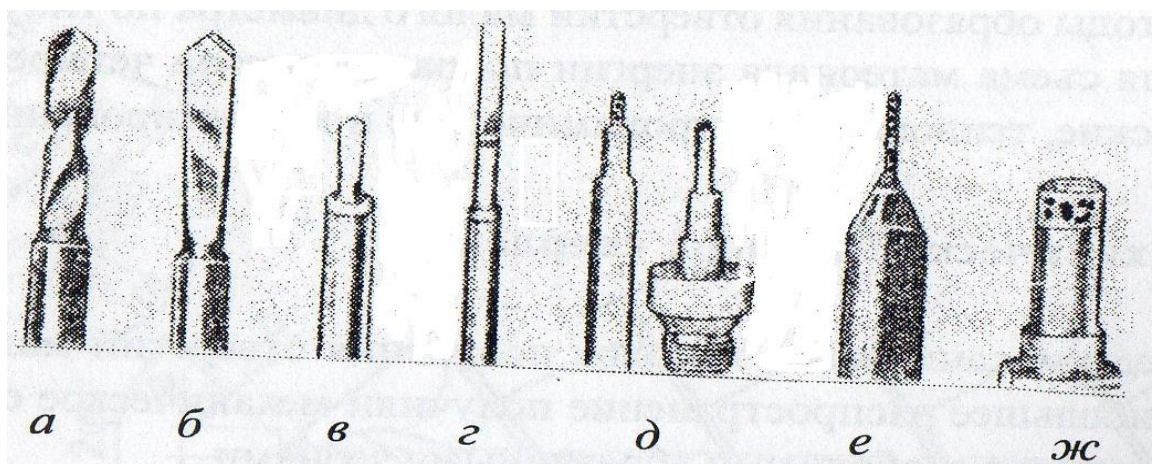
5 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЛЮСАРНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗАОКРУГЛЕННЯ ГОСТРИХ КРОМОК В ОТВОРАХ

5.1 Аналіз літературних джерел. Виникаючі проблеми, особливості експлуатації, недоліки існуючих методик тощо

Зазвичай методи, за допомогою яких отримують отвори малого діаметру поділяють на чотири групи: Механічні, теплові, електрохімічні і комбіновані.

Серед механічних методів отримання отворів малих діаметрів найбільшого розповсюдження набули механічне свердлення та ультразвукове вільними абразивними зернами.

Різноманітні види свердел, що застосовуються на звичайних свердлильних верстатах представлені на рисунку 5.1, де а – спіральні свердла, що виконуються до Ø0,05 мм (з швидкоріжучої сталі) та до Ø0,2 (з твердого сплаву); б – перові свердла, що виконуються до Ø0,05 мм з швидкорізної сталі; в – перові свердла зі спеціальної швидкорізної сталі до Ø0,015 мм і з твердого сплаву до Ø0,5 мм; г – гарматні свердла зі спеціального сплаву вуглець – молібден – вольфрам до Ø0,5 мм і твердого сплаву до Ø2мм; д – алмазні перові свердла з монокристалом природного алмаза для отримання отворів незначної глибини діаметром до Ø0,8 мм; е – алмазні перові свердла для суцільного видалення матеріалу діаметром від Ø0,37 до Ø0,025 мм, що виготовлені методом гальванічного покриття в один шар; ж – порожнисті алмазні свердла діаметром до Ø 0,8 мм, також з гальванічним покриттям. [10]



Рисунк 5.1 – Свердла, що застосовуються для отримання отворів малих діаметрів суцільним свердленням

Для кільцевого свердлення отворів малих діаметрів застосовуються порожнисті свердла з покриттям в один шар (рис. 5.2, а), з багат шаровими покриттями (рис. 5.2, б), та з алмазної крихти с жорсткою зв'язкою на основі Ni (рис. 5.2, в).

Остання конструкція відрізняється дуже високою стійкістю, але характеризується незначною в порівнянні з попередніми двома конструкціями потужністю різання. [10]

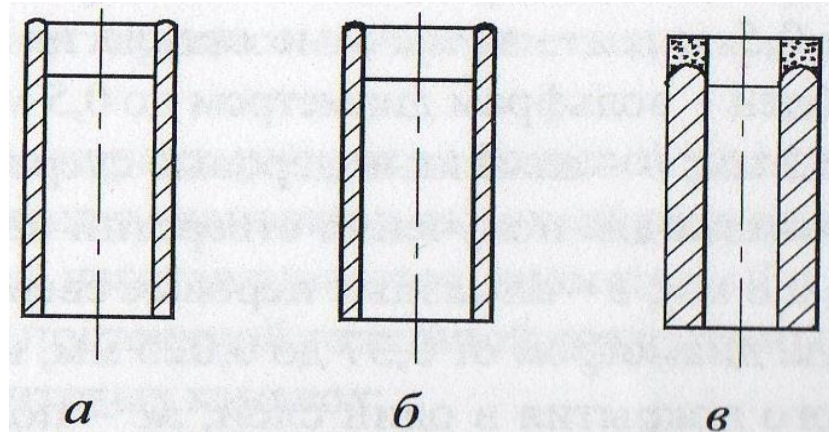


Рисунок 5.2 – Свердла, що застосовують для отримання отворів малих діаметрів кільцевими свердлами

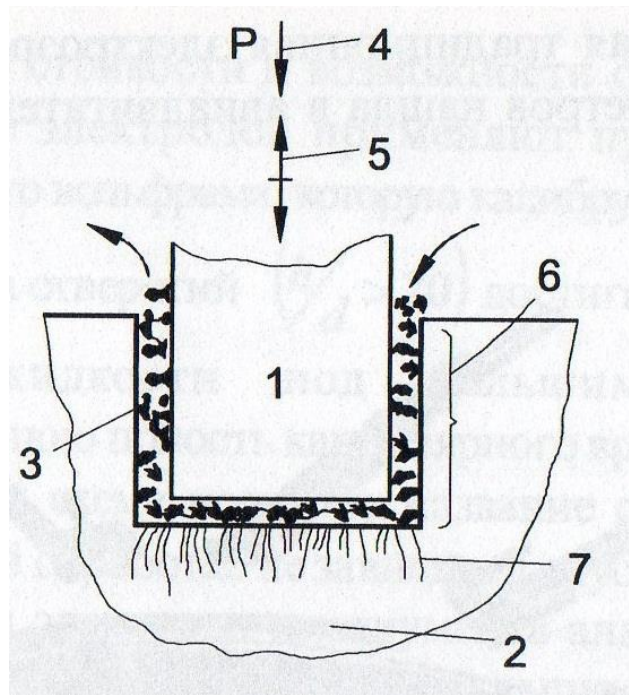
Ультразвукова обробка вільними абразивними зернами забезпечує отримання отворів будь якої форми та складності з великою глибиною. Принципу процесу полягає в «виколюванні» часток оброблюваного матеріалу абразивними зернами, що сприймають ударну на дію вібруючого інструменту з ультразвуковою частотою (рис. 5.3).

Особливістю обробки є необхідність примусового підводу абразивної суспензії в зону обробки.

Різновиди метода: свердлення або тільки з періодичною подачею інструмента, або з одночасним обертанням інструменту і деталі.

В першому випадку в якості інструменту використовується метал (легкий або твердий) або монокристал природного алмазу, а в якості абразиву – карбід бору.

В другому випадку, при інструменті що обертається або деталі, всі різновиди суцільних і порожнистих свердел. Обертання забезпечує підвищення швидкості різання та, особливо при глибокому свердленні, підвищення точності. [10]



1 – інструмент; 2 – деталь; 3 – абразивні частки; 4 – сила притискання P ; 5 – напрямок коливань; 6 – оброблена поверхня; 7 – тріщини

Рисунок 5.3 – Схема ультразвукової обробки отворів малих діаметрів абразивними частками

Одним з видів теплової обробки отворів, що полягає в використанні теплової енергії для видалення матеріалу, є електроерозійна обробка (ЕЕО), що забезпечує формування отворів з глибиною, що обмежується співвідношенням глибини h до діаметру d , що не перевищує ($h/d < 20$).

Електроди виготовляють з міді марок М1, М2, латуні, вольфраму, яким необхідний розмір електроду – дроту надається через фільтри. При необхідності для надання жорсткості електродам діаметром 0,3...3,0 мм проводиться їх скручування на токарних чи свердлильних верстатах.

В якості робочих рідин застосовуються мастило «Індустріальное 12», керосин або воду. Обробка в керосині підвищує продуктивність електродів з міді М1 в порівнянні з обробкою в мастилі в 2 рази, а їх зношування зменшується в 1,5 рази. [10]

Лазерну обробку отворів застосовують для отримання отворів діаметром 0,01...1,5 мм на глибину до 3 мм. Продуктивність обробки – 18,0...80 мм³/хв. Товщина зміненого шару до 15...20 мкм.

Електронно-променева обробка полягає в виділенні тепла при гальмуванні електронного пучка в матеріалі заготовки.

Електрони прискорюються в електричному полі ($E=50\ldots450$ кВ), яке створюється в вакуумі ($\sim 10^{-4}$ рт. ст.) між катодом і анодом, під яким розташована заготовка. Обробка виконується в імпульсному режимі при частоті струму до 10000 Гц. Продуктивність обробки – $1\ldots2$ мм³/хв. Товщина зміненого шару – $(2\ldots5) \times 10^{-5}$ мкм.

Іонно-променева обробка заснована на явищі катодного розпилення, що супроводжує тліючий розряд. Прошивка отвору відбувається за допомогою сфокусованого пучка іонів, що напрямлений на оброблювану деталь.

Переваги методу:

- іонний пучок може «пробивати» отвори в струмопровідних матеріалах та діелектриках будь-якої твердості;
- в процесі обробки отвір і поверхня навколо нього очищається від забруднень.

Недоліки методу:

- необхідність здійснення обробки в вакуумі при високому напруженні між електродами (12...25 кВ);
- наявність на обробленій поверхні отвору шару зі зміненою структурою;
- виникнення конусності отвору. [10]

Для отримання отворів діаметром до 3,5 мм в плоских сталевих деталях товщиною до 3 мм і деталях з кольорових металів до 5 мм застосовуються такі способи:

1) свердління по кондуктору; 2) керніння з подальшим свердлінням; 3) пробивання в штампах.

У тих випадках, коли до точності діаметрів отворів і міжцентрових відстаней пред'являються високі вимоги, отвори, отримані вищевказаними способами, доводяться до остаточних розмірів калібруванням в штампах.

Свердління по кондуктору в порівнянні з іншими названими методами отримання отворів малих діаметрів є менш продуктивним і менш точним. При свердлінні по кондуктору витрачається багато часу на установку кондуктора або закладку в нього деталі, закріплення і виймання її після свердління. Свердління малих отворів по кондуктору менш точне тому, що до похибки свердління внаслідок зазору між свердлом і отвором втулки додається похибка виготовлення кондуктора. При свердлінні по кондуктору досягають точності міжцентрових відстаней 0,05 мм на координату.

Кернування з подальшим свердлінням ведеться за допомогою керновочних штампів і застосовується, як правило, в серійному і масовому виробництві. Керновочні штампи призначені для точної розмітки деталей під свердління. Вони можуть застосовуватися і в дрібносерійному виробництві, замінюючи дорогі кондуктори.

При свердлінні по кернам деталь вільно лежить на столі свердлильного верстата або на підставці і легко подається від руки під свердло. Напрямок для свердла служить лунка, отримана при кернуванні. Точність міжцентрових відстаней під час свердління по кернам вище в порівнянні із свердлінням по кондуктору: вона досягає 0,03мм на координату.

При невеликій кількості отворів з паралельними вісями в деталі свердління по кернам ведеться на настільних свердлильних верстатах, коли ж число отворів в деталі значне, для свердління по ним застосовують високопродуктивні багатошпиндельні свердлильні напівавтомати і автомати. Один сверловщик може обслуговувати 4-5 таких верстатів. Число одночасно одержуваних отворів в деталі практично коливається від 2 до 25 в залежності від розмірів деталей.

Однак при сучасних масштабах виробництва для отримання в плоских деталях малих отворів з паралельними вісями застосовується більш продуктивний і точний метод – пробивання отворів в штампах.

Сутність цього методу полягає в тому, що за допомогою диروطробивного штампа одночасно (за один хід повзуна преса) виходить значна кількість отворів (20 і більше), причому досягається велика точність міжцентрових відстаней в порівнянні з точністю, що досягається свердлінням по кондуктору або по кернах.

У тих випадках, коли потрібно отримати високу точність отворів з паралельними осями в плоских деталях (по діаметру 0,005 мм, по міжцентровій відстані 0,0075-0,01 мм), після операції свердління або пробивання отворів вводиться доводочна операція - калібрування отворів в штампах.

Одночасно можна калібрувати велику кількість отворів (до 24).

Калібрування в штампах значно підвищує точність взаємного розташування отворів: зміщення отворів зменшується на 50-75%. В окремих випадках для отримання більш високої точності взаємного розташування отворів з паралельними вісями вони калібруються два або три рази. При калібруванні отворів досягається $Ra = 0,63-0,08\text{мкм}$.

Зважаючи на можливість перекосів пуансонів і необхідність надання їм жорсткості застосування калібрування обмежується товщиною деталей: для сталевих деталей товщина не повинна перевищувати 3 мм, для деталей з латуні – 5 мм; відношення довжини каліброваного отвору до його діаметру повинно бути не більше 3; при цих умовах виходять найкращі результати. [11]

Також при обробці отворів малого діаметру важливою частиною є видалення задирок та притуплення гострих кромek, що є концентраторами напруження та можуть призвести до руйнування деталі під час її експлуатації у вузлі.

В верстатобудівній, авіаційній та інших галузях промисловості широкого використання набули гідро- і пневмосистеми, в вузлах і деталях яких застосовується механічна обробка з зачисткою, закругленням гострих кромek і видалення задирок в отворах малих діаметрів (1-8 мм), отворах що перетинаються і тих що мають значну глибину. В більшості випадків ці операції виконуються вручну і є вельми трудомісткими. До способів зачистки отворів і видалення в них задирок відносять наступні:

- потік вільного абразиву;
- обробка лезовим та абразивним інструментами;
- електрохімічне видалення матеріалу;
- термохімічний спосіб (термохлорний або термокисневий);
- хімічне розчинення;
- фізичний вплив (ультразвуковий, електроконтактний і імпульсний);
- обробка еластичним абразивним і неабразивним інструментом.

Найбільш перспективним і простим в реалізації інструментом для зачистки отворів, видалення задирок, є еластичний інструмент.

Для зачистки отворів після свердлення компанія ASEA Industrial Robot System (США) застосовує щітки в пропонованих нею системах PIRB-6 та IRB-60 (рис. 5.4). Застосовується йорж для очистки внутрішніх поверхонь труб в пристрої, запропонованому в авторському свідоцтві 1248681.

Для зачистки отворів малого діаметру можна застосовувати інструмент з пружного елемента, наприклад з проволочи. При цьому пружний елемент вигинається та йому передається обертаючий рух.



Рисунок 5.4 – Роботизована система IRB-60

Аналогічно вирішується питання зачистки отворів малого діаметру в японській заявці 60-217060. Через оброблюваний отвір пропускається алмазна проволочка. Для натягу їй передається коливальний рух. Поєднання обертання, повздовжнього руху та коливань дає хороші результати. З двох боків отвору встановлюються затискачі. Полірувальний інструмент закладається в отвір і здійснює зворотний поступальний рух від торця до торця під дією мастильно-охолоджувальної рідини (МОР). Використовується еластичний інструмент, через канали якого МОР попадає в зору різання.

Мікроабразивні трубчасті щітки (Osborn Rechnung, Германія, див рис. 5.5) призначені для обробки отворів діаметром від 0,7 мм. Полімерно-абразивні нитки, з яких виготовляються щітки, містять 20-30% абразиву: для діаметрів 0,7–3,5 мм використовують SiC; для діаметрів 2,0–2,5 мм – алмазний порошок; для діаметрів 4,2–25,8 мм – Al_2O_3 .

Задирки видаляються металевими щітками з алмазно-гальванічним покриттям. Такий інструмент має підвищену ріжучу здатність в порівнянні з абразивними щітками на полімерній основі.



а – кінцеві щітки; б – дискові щітки; в – чашечні щітки;
г – пелюсткові щітки; д – торцеві щітки; е – циліндричні щітки

Рисунок 5.5 – Полімерно-абразивні щітки

Перспективним є еластичний інструмент, виготовлений з полімерно-абразивних ниток. В порівнянні з іншими абразивними інструментами він має наступні переваги:

- відсутність необхідності правити інструмент;
- не потребує точного профілювання інструменту при обробці фасонних поверхонь;
- не обов'язково точно встановлювати інструмент відносно оброблюваного виробу.

В залежності від призначення волокна, з якого виготовляються щітки, виробляються одним з наступних способів:

- порошок вводиться в полімерний матеріал в рідкій фазі та розповсюджується по всій масі волокна;
- порошком насичується тільки поверхня волокна на кінцевих стадіях його виготовлення;
- виготовлюється волокно з серцевиною з ненасиченого порошком полімеру і оболонкою – з насиченого;
- волокно виготовляється з серцевиною, насиченою порошком, оболонка – зі звичайного матеріалу.

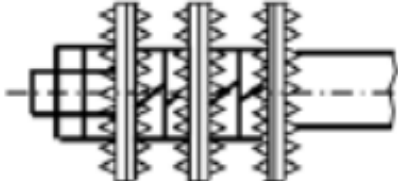
Також використовується і армування кінців волокон частками абразиву. В якості абразивного порошку використовується карбід кремнію, електрокорунд різноманітних марок, скло, алмаз. При цьому зернистість може бути в межах 8-120 мкм. Максимально допустима зернистість визначається товщиною волокна. При розподілі порошку по всій масі волокна оптимальною концентрацією є 15-20% по масі. В якості полімерної основи волокон застосовуються поліаміди та інші полімери.

Всі інструменти, запропоновані для обробки отворів можна поділити на декілька груп:

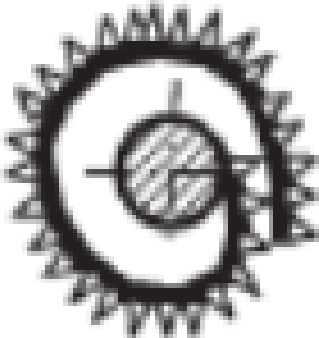
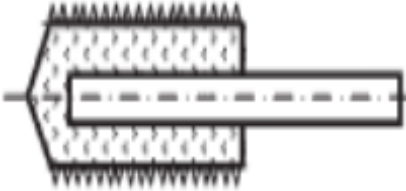
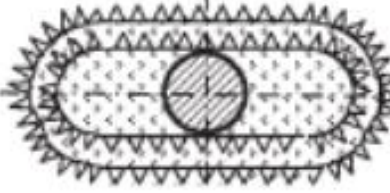
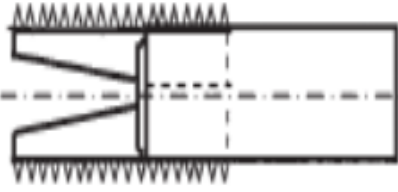
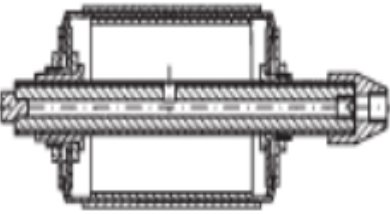
- інструменти з шліфувальної шкірки (ШШ);
- інструменти, в яких робоча поверхня – бічні сторони полімерно-абразивних ниток (плетений, кручений, пучок ниток, окремі нитки, між нитками розташована клеєобразна паста);
- інструменти з полімерно-абразивних ниток, торці яких забезпечують вплив на поверхню (йоржі, щітки);
- монолітні полімерно-абразивні інструменти (цільнопресовані, секційні на стрижні, шарнірні);
- інструмент для пластичної деформації.

Класифікація видів інструменту представлена в таблиці 5.1. Застосування приведених в таблиці інструментів розширює технологічні можливості машинобудівного підприємства для забезпечення необхідної якості продукції що випускається. [12]

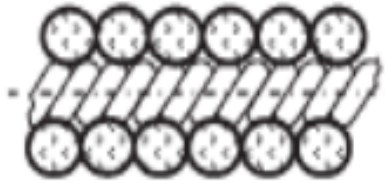
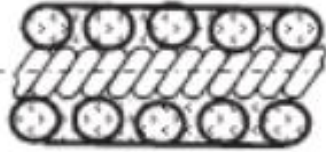
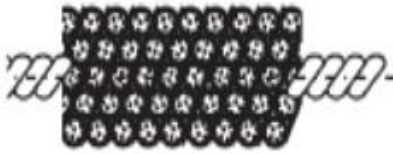
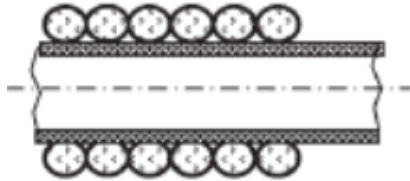
Таблиця 5.1 – Класифікація видів інструменту для обробки отворів

№ п/п	Основні ознаки	Ескіз	Характеристика
1	Інструменти з шліфувальної шкірки		
1.1	Шайби із ШШ закріплені на стрижні. Між шайбами розміщена пластична паста.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. Жорстке кріплення на стрижні забезпечується пружними шайбами.
1.2	Пелюстки з ШШ закріплені в цанзі.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. V-подібні пелюстки притиснені один до одного або плоскі пелюстки

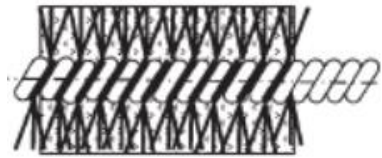
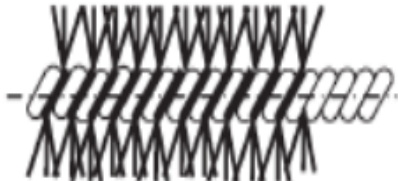
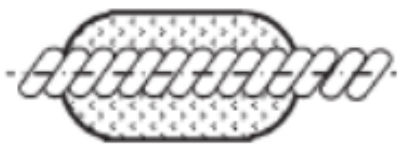
Продовження таблиці 5.1

№ п/п	Основні ознаки	Ескіз	Характеристика
			затиснені в цангу.
1.3	ШШ закріплена на стрижні і згорнута в спіраль Архімеда.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. Закріплення ШШ механічне або на клей.
1.4	ШШ жорстко закріплена на стрижні через еластичний наповнювач.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. Формують ШШ, вільний простір заповнюють еластичним наповнювачем що полімеризується.
1.5	ШШ жорстко закріплена на стрижні з клеєабразивною масою.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. Формують ШШ, вільний простір заповнюють клеєабразивним наповнювачем та сплющують.
1.6	Пелюстки з ШШ закріплені на стрижні паралельно його вісі обертання.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. Кріплення пелюсток механічне або на клей. Для гладких і отворів що пересікаються.
1.7	ШШ закріплена на еластичному надувному барабані.		Рух обертальний та зворотно-поступальний. Еластична абразивна стрічка кріпиться на клей по всій окружності, а жорстка – смужками вздовж барабана.

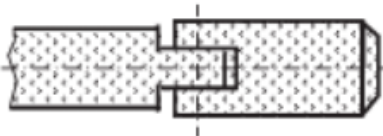
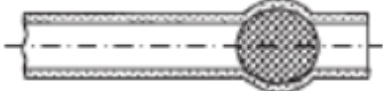
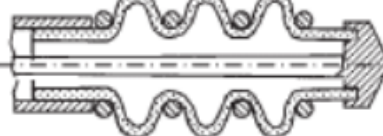
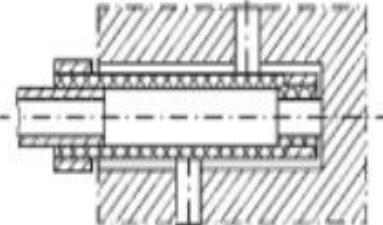
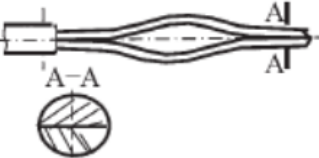
Продовження таблиці 5.1

№ п/п	Основні ознаки	Ескіз	Характеристика
2	Інструменти з полімерно-абразивних ниток		
2.1	Одиночна полімерно-абразивна нитка.		Обробка гладких отворів і отворів що пересікаються.
2.2	Декілька переплєтених ниток.		Можливе підвищення жорсткості і діаметра за рахунок створення внутрішнього тиску. Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
2.3	Нитка, що звита в плетінку. Гнучкий джгут без серцевини.		При обертанні пучок збільшується в розмірі. Може бути з серцевиною і без. Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
2.4	Намотка полімерно-абразивної нитки на трос. Трос еластичний.		Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
2.5	Між витками намотаних полімерно-абразивних ниток розміщена клеєабразивна маса. Трос еластичний.		Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються. В клеєподібну масу може бути доданий абразив.
2.6	Обплєтєння сіткою із полімерно-абразивних ниток навколо троса. Трос еластичний.		Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
2.7	Гвинтова намотка полімерно-абразивної нитки на еластичну трубку.		Можливо підвищити жорсткість і діаметр за рахунок створення внутрішнього тиску. Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.

Продовження таблиці 5.1

№ п/п	Основні ознаки	Ескіз	Характеристика
2.8	Навивка полімерно-абразивної нитки на пружну (хвиляподібну) сталеву серцевину. Серцевина гнучка.		Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
2.9	Обплетення сіткою із полімерно-абразивних ниток на пружній (хвиляподібній) сталевій серцевині. Серцевина гнучка		Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
2.10	Пучок полімерно-абразивних ниток закріплений з обох сторін.		При обертанні пучок збільшується в розмірі. Може бути з серцевиною та без. Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
3	Йоржі		
3.1	Йорж з полімерно-абразивних ниток або металевого дроту з заповненням еластичною клеєабразивною композицією. Серцевина гнучка.		Широкий діапазон діаметрів оброблюваних отворів гладких, вигнутих і тих що пересікаються. В клеєподібну масу може бути доданий абразив.
3.2	Йорж з полімерно-абразивних ниток або металевого дроту, що покритий зернами алмазу. Серцевина гнучка.		Широкий діапазон діаметрів оброблюваних отворів гладких, вигнутих і тих що пересікаються.
4	Інструмент литий із полімерно-абразивної маси		
4.1	Полімерно-абразивні «буси» жорстко закріплені на тросі (гнучкому валі).		«Буси» відливаються при встановленому тросі. Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.

Продовження таблиці 5.1

№ п/п	Основні ознаки	Ескіз	Характеристика
4.2	Полімерно-абразивний ланцюг (на кшталт шарнірного ланцюга).		Вісі шарнірів взаємно перпендикулярні. Обробка гладких, вигнутих і глухих отворів.
4.3	Полімерно-абразивна трубка з поміщеними в неї еластичними пробками.		Трубка повинна бути достатньо еластичною. Кількість пробок – від однієї до декількох. Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.
4.4	Полімерно-абразивна трубка з розрізами вздовж вісі з виникненням гофрів. Всередині металева серцевина. Серцевина може бути гнучкою (наприклад, трос).		Трубка розрізана в декількох місцях і зсунута вздовж вісі за допомогою серцевини з виникненням гофрів, які формуються кільцями. Обробка гладких і вигнутих отворів.
4.5	Еластична трубка з шаром абразивних зерен. Деформується при створенні тиску.		Тиск створюється робочою середою. Обробка гладких і отворів що пересікаються.
5	Інструмент з пружних сталевих елементів		
5.1	Розкатник		Відбувається одночасне обламування і розкатка задирок. Можливе видавлювання металу в отвір що пересікається.
5.2	Дріт, на поверхні якого розміщена зв'язка з абразивними частками. Дріт з легованої сталі або кварцового скла.		Обробка гладких, вигнутих і отворів що пересікаються.

Очистка задирок з металевих виробів в ультразвуковому полі заснована на дії пружних механічних коливань в рідкому середовищі. При розповсюдженні таких коливань в рідині почергово виникають процеси стискання і розрідження. В момент розрідження виникають локальні (в мікрообсягах) розриви рідини з виникненням бульбашок (порожнин) які заповнюються парами рідини і розчиненим в ній повітрям. В момент стискання бульбашки сплющуються, що супроводжується сильними гідравлічними ударами, що сприяють очищенню поверхні деталей і видаленню задирок.

Лабораторією акустичних процесів і апаратів Бийського технологічного інституту була розроблена оригінальна технологія ультразвукового видалення задирок в рідкому середовищі з додаванням абразивних зерен, розмір яких порівнюється з радіусом дії ударної хвилі (1...100 мкм). Обладнання для реалізації цієї технології складається з компактного ультразвукового генератора, випромінювача хвиль і робочої ванни (фіто міксера).

Обробку деталей проводять в ванні, що заповнена водно-гліцериновою сумішшю з підваженими дрібними абразивними частками. При ультразвуковому впливі в рідкому середовищі виникають акустичні течії, в яких зерна абразиву і оброблювані деталі, через різницю платності матеріалів і розмірів, отримують різні швидкості переміщення. При взаємному проковзуванні зерен і деталей процес видалення задирок інтенсифікується. В якості абразиву рекомендується використовувати електрокорунд, карбіди кремнію і бора з розміром часток 3-20 мкм. Найбільш універсальна суспензія, містить воду, гліцерин і абразив в співвідношенні 1:1:1. Одночасно в ванну можна загрузити деталі в 2-3 шари. Час циклу обробки, в залежності від маси деталей може складати від 1 до 90 хв.

В таблиці 5.2 представлені різноманітні ультразвукові ванни для очищення деталей і видалення задирок. [13]

Таблиця 5.2 – Ультразвукові ванни для очищення деталей та видалення задирок

Технічні характеристики	CV-STAT	CV-DIZ	CV-14,0	CV-125,0
Напруга живлення	220V	220 V	220 V	220 V
Споживана потужність	500W	1200W	600W	1500W
Потужність нагрівача	-	-	300W	400W
Розміри (ємність) Робочої ванни	8л	300x400x400мм	450x450x170мм	125л

Оскільки деталь, що оброблюється є тонкостінною, та зі складним профілем, застосування кінцевої операції у вигляді шліфування або полірування не рекомендується, через силовий вплив на нежорсткі поверхні деталі та неможливість обробки важкодоступних місць.

5.2 Можливі шляхи вирішення

В дослідях [14] було доведено, що при обробці матеріалу з якого зроблена оброблювана деталь (ХН73МБТЮ-ВД) найкращі результати при фінішній обробці показує дисковий полімерно-абразивний інструмент (ПАІ) з матеріалом зерна з карбіду кремнію (63С) з зернистістю F90. Для підвищення продуктивності виліт волокон інструменту має складати не більш ніж 8 мм.

Виходячи з конструкції деталі та особливості обробки, було вирішено проводити обробку під час свердлильної операції на обробному центрі VMC 850E (операція 045) після завершення зенкерувального переходу, за допомогою чашечного ПАІ (рис. 5.6) з матеріалом зерна з карбіду кремнію (63С) з зернистістю F90.

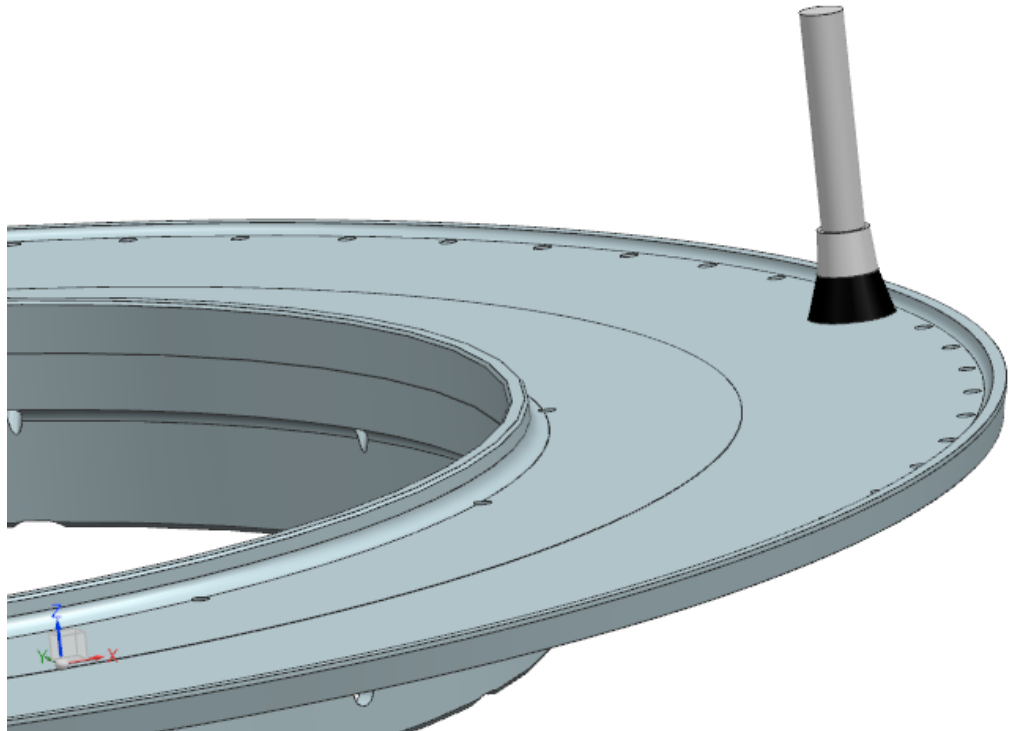


Рисунок 5.6 – Графічне зображення видалення задирок за допомогою чашечного ПАІ

6 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНІСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Під час проектування нового технологічного процесу було вирішено об'єднати 3 операції в одну (операція 025).

Спроектована операція: точіння діаметрів $\emptyset 197,125_{-0,115}$, $\emptyset 205,615_{-0,115}$, $\emptyset 215$, $\emptyset 238$, $\emptyset 245$, $\emptyset 299,7$; підрізання торців $15,3_{-0,24}$, $5,2$, $4,18_{-0,48}$; точіння виточки $\emptyset 299,7$ на глибину $1,28$ та $\emptyset 238$ на $2,2$, $\emptyset 215$ на $2,05$; точіння фасонної поверхні.

Токарна операція з ЧПК виконується на токарному верстаті з ЧПК 16A20Ф3 токарними різцями: різець підрізний правий з пластиною з твердого сплаву ВК8 20×20 , $L=140$ мм, $r=0,8$ мм, $\varphi=70^\circ$ ГОСТ 18880-73; різець токарний розточний з пластинкою з твердого сплаву ВК8 20×20 , $L=140$ мм, $l=10$ мм, $a=8$ мм, $r=1$ мм, $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 18882-73; різець підрізний лівий з пластиною з твердого сплаву ВК8 12×12 , $L=100$ мм, $a=14$ мм, $r=0,4$ мм, $\varphi=70^\circ$ ГОСТ 18880-73.

Такт випуску τ , хв. розраховуємо за формулою (6.1):

$$\tau = \frac{F_d \times 60}{N}, \quad (6.1)$$

де, $F_d = 4015$ год – дійсний річний фонд роботи обладнання;

$N = 1500$ шт – річна програма виготовлення деталей.

$$\tau = \frac{4015 \times 60}{1500} = 160,6 \text{ хв}$$

Кількість верстатів n_e , шт. розраховуємо за формулою (6.2)%

$$n_e = \frac{T_{шк}}{\tau}, \quad (6.2)$$
$$n_e = \frac{54,08}{160,6} = 0,34 \text{ шт}$$

Дійсну кількість верстатів приймаємо $n_{e,пр} = 1$ шт.

Кількість верстатів у заводському технологічному процесі $n_{e,за} = 3$ шт

Розраховуємо норми витрати по статтях собівартості.

Заробітну плату основних робочих $З_p$, коп./хв. розраховуємо по формулі (6.3):

$$З_p = З_t \times K, \quad (6.3)$$

де, $З_T = 1,048$ коп/хв – для робочого 4-го розряду [15. с.94, табл. 2.18];

$K = 1,1$ – коефіцієнт перевиконання норми.

$$З_{р.пр} = 1,048 \times 1,1 = 1,15 \text{ коп/хв}$$

Для наладчика 6-го розряду заробітна плата складає:

$$З_{н.пр} = 1,414 \times 1,1 = 1,55 \text{ коп/хв}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 основних робочих та 1 наладчик, тоді для них заробітна плата складатиме:

$$З_{р.зав} = 1,15 \times 3 = 3,045 \text{ коп/хв}$$

$$З_{н.зав} = 1,55$$

Розраховуємо витрати на електроенергію E_{ϕ} , коп./хв. за формулою (6.4):

$$E_{\phi} = \frac{\sum N \times K_1 \times K_2 \times B}{60}, \quad (6.4)$$

Де $N_{пр} = 22$ кВт – потужність токарного верстата з ЧПК 16А20Ф3;

$K_1 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує використання двигунів токарних верстатів в серійному виробництві по потужності [15. с.94, табл. 2.19];

$K_2 = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує використання двигунів токарних верстатів в серійному виробництві по часу [15. с.94, табл. 2.19];

$B = 183$ коп/кВт – вартість одного кіловату електроенергії у діючих на даний час розцінках.

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді $N_{зав} = 66$ кВт.

$$E_{\phi пр} = \frac{22 \times 0,6 \times 0,5 \times 183}{60} = 20,13 \text{ коп/хв}$$

$$E_{\phi зав} = \frac{66 \times 0,6 \times 0,5 \times 183}{60} = 60,39 \text{ коп/хв}$$

Розраховуємо норми витрат на амортизацію обладнання A_{ϕ} , грн. за формулою (6.5):

$$A_{\phi} = \frac{A \times 100}{F_{\phi} \times 60}, \quad (6.5)$$

де, A — нарахування на амортизацію обладнання за рік, грн. розраховується за формулою (6.6)

$$A = \frac{\alpha_1 \times 1,15 \times \Pi}{100}, \quad (6.6)$$

де, $\alpha_1 = 15$ — проценти відрахувань від балансної вартості обладнання;

$\Pi = 70000$ грн — ціна обладнання.

$$A_{\text{пр}} = \frac{15 \times 1,15 \times 70000}{100} = 12075 \text{ грн}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді $A_{\text{зав}} = 36225$ грн.

Тоді:

$$A_{\phi \text{пр}} = \frac{12075 \times 100}{4015 \times 60} = 5,01 \text{ грн}$$

$$A_{\phi \text{зав}} = \frac{36225 \times 100}{4015 \times 60} = 15,03 \text{ грн}$$

Розраховуємо норми витрат на обслуговування обладнання O_{ϕ} , грн. за формулою (6.7):

$$O_{\phi} = \frac{A \times 100}{F_{\phi} \times 60}, \quad (6.7)$$

де, O — нарахування на обслуговування обладнання за рік, грн. розраховується за формулою (6.8)

$$O = \frac{\alpha_2 \times 1,15 \times \Pi}{100}, \quad (6.8)$$

де, $\alpha_2 = 0,5$ — проценти відрахувань від балансної вартості обладнання;

$$O_{\text{пр}} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 70000}{100} = 402,5 \text{ грн}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді $O_{\text{зав}} = 1207,5$ грн.

Тоді:

$$O_{\text{фпр}} = \frac{402,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,17 \text{ грн}$$

$$O_{\text{фзав}} = \frac{1207,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,5 \text{ грн}$$

Розраховуємо норми витрат на ремонт обладнання $P_{\text{ф}}$, грн. за формулою (6.9):

$$P_{\text{ф}} = \frac{P \times 100}{F_{\phi} \times 60}, \quad (6.9)$$

де, P – нарахування на ремонт обладнання за рік, грн. розраховується за формулою (6.10)

$$P = \frac{\alpha_3 \times 1,15 \times \Pi}{100}, \quad (6.10)$$

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

$$P_{\text{пр}} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 70000}{100} = 3622,5 \text{ грн}$$

Оскільки для заводського технологічного процесу необхідні 3 верстати, тоді $P_{\text{зав}} = 10867,5$ грн.

Тоді:

$$P_{\text{фпр}} = \frac{3622,5 \times 100}{4015 \times 60} = 1,5 \text{ грн}$$

$$P_{\text{фзав}} = \frac{10867,5 \times 100}{4015 \times 60} = 4,5 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент приймаються по [15. с.94, табл. 2.20]:

$I_{\text{пр}} = 0,036$ – вартість однієї години роботи ріжучого інструменту на чорнових та чистових операціях;

$I_{\text{зав}} = 0,12$ – вартість однієї години роботи ріжучого інструменту на чорнових та чистових операціях.

Витрати на пристосування вибираємо по [15. с.95, табл. 2.21]:

Пристосування має число деталей $n = 6$. Для пристосувань такої складності $\Pi_{\text{ф.пр}} = 0,0063$ коп/хв. Оскільки для заводського технологічного процесу необхідно 3 таких пристосування, то $\Pi_{\text{ф.зав}} = 0,0189$ коп/хв.

Технологічна собівартість C , коп. розраховується за формулою (6.11):

$$C = (Z_p + Z_n + E_\phi + \Pi_\phi + I_\phi + A_\phi + O_\phi + P_\phi) \times t_{\text{шт}}, \quad (6.11)$$

$$C_{\text{пр}} = (1,15 + 1,55 + 20,13 + 0,0063 + 0,036 + 5,01 + 0,17 + 1,5) \times 53,38$$

$$= 1577,5 \text{ коп}$$

$$C_{\text{зав}} = (3,45 + 1,55 + 60,39 + 0,0189 + 0,12 + 15,03 + 0,5 + 4,5) \times 53,38$$

$$= 4567,13 \text{ коп}$$

Економічний ефект E_o , грн. очікуваний при упровадженні об'єднання трьох операцій розраховується за формулою (6.12):

$$E_o = (C_{\text{зав}} \times N + E \times Ц \times n_{\text{зав}}) - (C_{\text{пр}} \times N + E \times Ц \times n_{\text{пр}}), \quad (6.12)$$

де, $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності;

$n_{\text{пр}}$, $n_{\text{зав}}$ – число одиниць обладнання для першого та другого варіантів.

$$E_o = (45,67 \times 1500 + 0,15 \times 70000 \times 3) - (15,77 \times 1500 + 0,15 \times 70000 \times 1) = 65850 \text{ грн}$$

Отже, при об'єднанні трьох токарних операцій з ЧПК в одну, економічний ефект складатиме 65850 грн/рік.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Згідно змісту дипломного проекту, всі роботи виконуються в механічному цеху Запорізького авіаційного заводу АТ «Мотор січ». При механічній обробці деталі застосовуються верстати токарної та шліфувальної групи, а також обробляючий центр, на яких застосовуються системи ЧПК.

Основні потенційні небезпеки на обраному виробництві:

- потенційні небезпеки фізичного фактору: ураження сітківки ока або шкіряного покриву людини при вилітанні гарячої стружки за робочу зону верстата (якщо робочу зону не перекриває захисний кожух); механічне травмування, що може призвести до летальних наслідків при розриві шліфувального круга (якщо недотримуватися оптимальних режимів різання і не контролювати цілісність шліфувального круга); порізи рук при прибиранні стружки з робочої зони без допомоги спеціальних пристосувань (гаків – для зливної стружки та залізних щіток для стружки надлому). Також, недбале користуванні верстатами (недотримання правил користування верстатом, або знаходження кінцівок в робочій зоні під час обробки деталі) може призвести до різноманітних травм та летальних наслідків. Можливе ураження електричним струмом при відсутності заземлення на верстатах, або його пошкодженні.

- потенційною небезпекою біологічного характеру є – погіршення загального стану здоров'я людини при довгостроковій роботі з мастильно-охолоджувальною рідиною на основі емульсолу.

- потенційні небезпеки психофізіологічного характеру: незадовільна заробітна платня працюючого; підвищений рівень шуму в механообробному цеху, що призводить до погіршення зосередженості та психологічної втомлюваності; не раціональне планування робочих місць, що призводить до поганого взаємозв'язку між основним і допоміжним устаткуванням, в наслідок чого підвищеної втомлюваності працюючого.

- потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру: підвищена концентрація дрібнодисперсного абразивного та металевого (часток хрому та нікелю) пилу у повітряному середовищі шліфувальної дільниці при неефективній роботі системи повітрообміну, що призводить до хронічних легеневих захворювань; незадовільне природне та штучне освітлення цеху,

що може призвести до прискореної втомлюваності та погіршення зору при довгостроковій роботі (при контролі розмірів деталі біля верстатів). Незадовільні метеорологічні параметри повітряного середовища механообробного цеху в наслідок неефективної роботи системи опалення та повітрообміну, що призводять до загальних захворювань. Підвищений рівень шуму в механообробному цеху, що призводить до подальшого погіршення слуху при тривалому впливі на людину.

- потенційною небезпекою, що пов'язана з порушеннями правил пожежної безпеки є – паління в не призначеному для цього місці, або при відсутності спеціальних місць для паління, що може призвести до пожежі.

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

7.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Забезпечення здорових та безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємств (установ). Адміністрація зобов'язана впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, попереджуючі виробничий травматизм, та забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, запобігаючи виникнення професійних захворювань робітників та службового персоналу.

Згідно «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» дільниця оснащена усіма необхідними знаками безпеки і захисту здоров'я. Форма і колір знаків безпеки відповідають вимогам цього регламенту а оформлення знаків відповідає ДСТУ ISO 3864:2005 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення». Знаки безпеки стійкі до впливу погодних умов та добре видимі.

Знаки заборони мають круглу форму з чорною піктограмою на білому фоні, край та поперечина (зліва направо під кутом 45 градусів до горизонталі) – червоні (червоний колір становить не менш як 35 відсотків загальної площі знака).

Попереджувальні знаки мають трикутну форму з чорною піктограмою на жовтому фоні, край – чорний (жовтий колір становить не менш як 50 відсотків загальної площі знака).

Зобов'язувальні знаки мають круглу форму з білою піктограмою на синьому фоні (синій колір становить не менш як 50 відсотків загальної площі).

Рятувальні знаки мають прямокутну або квадратну форму з білою піктограмою на зеленому фоні (зелений колір безпеки становить не менш як 50 відсотків загальної площі знака).

Для запобігання механічним ушкодженням робітників, під час обробки деталей, усі металообробні верстати, що знаходяться на механічній дільниці відповідають «Технічний регламент безпеки машин» та ДСТУ ENISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору». На всіх верстатах встановлені захисні кожухи, що запобігають вильоту стружки, зламаного інструменту та деталей за межу робочої зони верстата. Між верстатами встановлені захисні огорожі, згідно ДСТУ ГОСТ 12.2.061:2009.

Всі верстати відповідають нормам ДСТУ EN894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування».

Електрокари, що застосовуються для транспортування готових деталей і заготовок між цехами відповідають нормам ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 32. Вимоги до вантажопідіймальних машин».

Для виключення механічного травмування на шліфувальній дільниці при розриві шліфувального круга була проведена оцінка безпечності шліфувального верстата згідно з СОУ-Н МПП0.120-076:2006 «Правила та порядок проведення оцінки ризику безпечності машин». Шліфувальні круги збалансовані та відповідають заводським документам на верстати, що використовуються. Шліфувальні роботи виконуються при швидкості, що була розрахована під час проектування режимів різання (35 м/с), що не перевищує розривну швидкість круга.

Відповідно ПБЕ механічний цех відноситься до приміщення підвищеної небезпеки (відносно сухе приміщення, з нормальною температурою повітря, що не перевищує +35°C, з частками металевого пилу в повітрі та струмопровідною підлогою). Для запобігання ураження електричним струмом, всі верстати оснащені заземленням, що відповідає вимогам глави 1.2.16 «ПУЕ-2014» та ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту». Металообробні верстати характеризуються як електрообладнання до 1000В,

а отже згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення металообробних верстатів у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

Також було проведено наступні організаційні заходи по забезпеченню техніки безпеки:

- Для виключення можливого механічного травмування робітників при роботі за верстатами було проведено навчання з техніки безпеки та перевірка знань, згідно НПАОП 0.004.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Всі робітники що працюють за металообробним обладнанням були забезпечені захисними рукавицями (для використання під час прибирання стружки), захисними окулярами (для запобігання ураження очей стружкою) та спец одягом (для запобігання потрапляння гарячої стружки на відкриті частини тіла) згідно ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

- Для уникнення механічного травмування при розриві шліфувального круга було проведене ознайомлення працюючого персоналу про особливості роботи з обладнанням згідно НПАОП 0.00-1.30-01 «Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями».

- Для запобігання уражень електричним струмом передбачені проведення навчань з електробезпеки та перевірка знань робітників, згідно НПАОП 0.004.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

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

Згідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»,

МЮУ 06.05.2014р. за № 472/25249 умови у механічному металообробному цеху відносяться до 2 класу (допустимі умови праці) – умови, що характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів (а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни) та не повинні чинити несприятливого впливу на стан здоров'я працівників та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах. Але, на шліфувальна дільниця, оскільки у повітряному середовищі присутній дрібнодисперсний абразивний та металевий пил, відноситься до 3 класу (шкідливі умови) 1 ступеня – умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу. Які викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я, у тому числі й виникнення професійних захворювань.

Для забезпечення оптимального рівня параметрів повітряного середовища механічного цеху у ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху раб очей зоны» в проекті передбачено: очищення повітря від пилу в системах механічної вентиляції та кондиціонування відповідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»; устрій системи водяного опалення приміщення для забезпечення необхідної температури повітря в холодний період року відповідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Для забезпечення оптимального освітлення в механічному цеху, відповідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», у механічному цеху будуть використовуватися джерела світла з колірною температурою від 2400 К до 6800 К (люмінесцентні лампи). Також, згідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014р. за № 472/25249 коефіцієнт природного освітлення повинен бути 0,1-0,6%.

Відповідно до п. 5.1 (табл.2) ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку так інфразвуку» не повинен перевищувати 80 дБА, а максимальний рівень шуму, що коливається у часі та передається, не повинен перевищувати 110 дБА згідно п. 5.4.

Також далі буде проведений детальний розрахунок загального рівномірного штучного освітлення технологічного відділу механічного цеху методом світлового потоку.

Довжина приміщення $A=25$ м, ширина $B=8$ м, висота стелі $H=3,5$ м. Розряд зорової роботи IV в.

Обираємо систему освітлення за [16, с. 20, дод. А]. Контраст об'єкту з фоном – середній. Характеристика фону – середній. Освітленість: всього – 400 лк, Ут.ч від загального – 200 лк, загальне освітлення – 200 лк. Система освітлення – комбінована.

Рівень нормованої освітленості $E_n = 200$ лк.

В залежності від умов виробничого середовища і класу освітлюваного приміщення за вибухопожежонебезпекою було обрано джерело світла – люмінесцентні лампи ЛЛ.

За [16, с. 24, дод. В] обираємо тип світильника – ЛПО (для приміщень з висотою підвісу світильника $>2,5$ м).

Коефіцієнт запасу K_z , обирається за [16, с. 27, дод. Г, табл. 4]:

$K_z = 1,5$ – для технічного відділу.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення $z=1,1$ – для люмінесцентних ламп.

Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення відбувається за [16, с. 28, дод. Г, табл. 5]:

$\rho_c = 70\%$ – для побіленої стелі;

$\rho_{ст} = 50\%$ – побілені стіни з незавішеними вікнами;

$\rho_{п} = 30\%$ – для паркету.

Чисельне значення індексу приміщенні i , розраховується за формулою (7.1):

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (7.1)$$

де, $A = 25$ м – довжина приміщення;

$B = 8$ м – ширина приміщення;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м що розраховується за формулою (7.2):

$$h = \frac{L_{max}}{[l/h]}, \quad (7.2)$$

де, L_{max} – максимально припустима відстань між світильниками, м розраховується за формулою (7.3):

$$L_{max} = \frac{B}{N_p}, \quad (7.3)$$

де, N_p – кількість рядів світильників у приміщенні, що розраховується за формулою (7.4):

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p) \times [l/h]}, \quad (7.4)$$

де, $[l/h] = 1,4$ – числове значення коефіцієнта світильника за [16, с. 23, дод. В];

$H = 3,5$ м – висота виробничого приміщення;

$h_p = 0,8$ м – висота робочої поверхні.

$$N_p = \frac{8}{(3,5 - 0,8) \times 1,4} = 2,12 = 3 \text{ шт}$$

$$L_{max} = \frac{8}{3} = 2,67 \text{ м}$$

$$h = \frac{2,67}{1,4} = 1,9 \text{ м}$$

$$i = \frac{25 \times 8}{1,9 \times (25 + 8)} = 3,19 = 3$$

Значення коефіцієнта використання світлового потоку η , % обирається за [16, с. 30, дод. Д]:

$\eta = 67\%$ – для світлого приміщенні з $i=3$.

Сумарний світловий потік у приміщенні Φ_Σ , лм розраховується за формулою (7.5):

$$\Phi_\Sigma = \frac{E_n \times S \times k_3 \times z}{\eta}, \quad (7.4)$$

де, $E_n = 200$ лк – нормальне значення освітленості;

$S = 200 \text{ м}^2$ – площа освітлюваної поверхні;

$k_3 = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$z = 1,1$ – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

$\eta = 67\%$ – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_\Sigma = \frac{200 \times 200 \times 1,5 \times 1,1}{0,67} = 98507,46 \text{ лм}$$

Умовна загальна кількість світильників N^* , шт розраховується за формулою (7.5):

$$N^* = A \times B / L_{max}^2, \quad (7.5)$$

$$N^* = 25 \times 8 / 2,67^2 = 28,05 \text{ шт}$$

Світловий потік умовного джерела світла $\Phi_{\text{л}}^*$, лм розраховується за формулою (7.6)

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}}, \quad (7.6)$$

де, $N_{\text{л}}$ – загальна кількість ламп у приміщенні, шт. розраховується за формулою (7.7):

$$N_{\text{л}} = N^* \times n, \quad (7.7)$$

де, $n = 4$ шт – кількість ламп у світильнику [16, с. 24, дод. В].

$$\begin{aligned} N_{\text{л}} &= 28,05 \times 4 = 112,2 \text{ шт} \\ \Phi_{\text{л}}^* &= \frac{98507,46}{112,2} = 877,96 \text{ лм} \end{aligned}$$

Оптимальна кількість світильників у приміщенні N , шт. розраховується за формулою (7.8):

$$N = N^* \times m, \quad (7.8)$$

де, m – коефіцієнт, що розраховується за формулою (7.9):

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}}, \quad (7.9)$$

де, $\Phi_{\text{л}} = 1000$ лм – фактичний світловий потік обраної стандартної лампи (ЛД, довжина лампи 0,6м) по [16, с. 21, дод. Б].

$$\begin{aligned} m &= \frac{877,96}{1000} = 0,88 \\ N &= 28,05 \times 0,88 = 24,68 \text{ шт} \end{aligned}$$

Визначається фактична кількість світильників $N_{\text{ф}} = 24$ шт, яка відповідає рівно кількісному розміщенню світильників у кожному ряді.

Загальна розрахункова освітленість у приміщенні $E_{\text{р}}$, лк що створюється при застосуванні стандартних ламп, розраховується за формулою (7.10):

$$\begin{aligned} E_{\text{р}} &= \frac{\Phi_{\text{л}} \times N_{\text{ф}} \times \eta}{S \times k_3 \times z}, \quad (7.10) \\ E_{\text{р}} &= \frac{1000 \times 24 \times 4 \times 0,67}{200 \times 1,5 \times 1,1} = 194,9 \text{ лк} \end{aligned}$$

Оскільки $E_p = (-10\% \dots + 20\%) \times E_n$, обрана кількість (24) і тип (ЛД) стандартних ламп вважається вірним.

Загальна потужність освітлення установки P_Σ , Вт розраховується за формулою (7.11):

$$P_\Sigma = N_\phi \times P_\lambda, \quad (7.11)$$

де, $P_\lambda = 20$ Вт – потужність обраної стандартної лампи по [16, с. 21, дод. Б].

$$P_\Sigma = 24 \times 20 = 480 \text{ Вт}$$

Ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників зображений на рисунку 7.1.

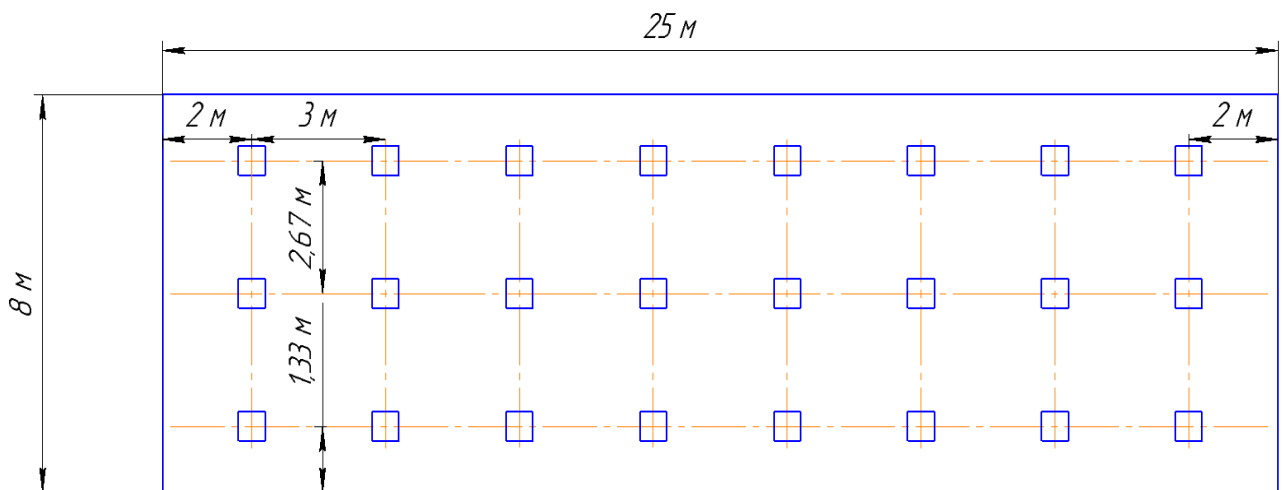


Рисунок 7.1 – Ескіз розташування світильників на плані приміщення

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи пожежної безпеки в механічному цеху, що обладнаний металообробними верстатами, розроблені згідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Згідно аналізу речовин і матеріалів, що використовуються у механічному цеху складена наступна класифікація:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні, що обладнане верстатами та додатковою оснасткою до них (інструментальні шафи, тара для заготовок,

піддони та ін..) можлива пожежа класу А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів, зазвичай органічного походження, під час горіння яких, як правило, утворюється тліючі вуглини), В (пожежа, що супроводжується горінням рідин або твердих речовин, які переходять у рідкий стан) та D (що супроводжується горінням металів);

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

Оскільки механічний цех, обладнаний верстатами та додатковою оснасткою до них належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» він має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у механообробному цеху, обладнаному верстатами та додатковою оснасткою для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони цеху. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85 «Производительные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні з високою стелею встановлений аспіраційний димовий пожежний сповіщувач підвищеної чутливості «VESDA LASER SCANNER VLS», яка забезпечує виявлення димових ознак і місця виявлення пожежі на зоні до 2000 м².

Згідно п. 7.3.6 ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» висота ширина евакуаційних шляхів має бути не менш ніж 1,0 м.

Оформлення знаків пожежної безпеки відповідає ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір». Вони мають прямокутну або квадратну форму з білою піктограмою на червоному фоні (червоний колір становить не менш як 50 відсотків загальної площі знака).

7.5 Порядок ліквідації наслідків застосування біологічних засобів

Біологічна зброя – зброя, яка забезпечує навмисний вплив на об'єкт, проти якого її застосовують, за допомогою інфікування патогенними мікроорганізмами та іншими біологічними агентами, включаючи віруси, інфекційні нуклеїнові кислоти і пріони. Ця зброя може бути використана для ураження людей, тварин і рослин. Патогенність деяких з цих біологічних агентів може бути обумовлена токсичними речовинами, які вони виробляють самі. Такі токсини самі по собі можуть іноді виділені в чистому виді й використані як зброя. У цьому випадку вони досягають своєї мети в результаті не інфікування, а токсичності, тому вони піддаються також під визначення хімічної зброї, навіть якщо за змістом Конвенції про заборону біологічної зброї вони визначені також біологічною зброєю. Мікроорганізми не єдині форми життя, які можуть виробляти токсини. Конвенція про заборону біологічної зброї – в тих випадках, коли в ній мова йде про токсини, має на увазі під ними токсичні речовини, що виробляються будь-яким живим організмом, навіть в тих випадках, коли такі речовини отримують іншим способом, включаючи хімічний синтез.

Застосування біологічної зброї може бути виявлене на підставі наступних видимих зовнішніх ознак:

- утворення аерозольної хмари після вибуху боєприпасів або спрацюванні генераторів;
- виявлення залишків спеціальних контейнерів, боєприпасів і інших видів озброєння;
- наявність великої кількості комах, кліщів, гризунів, невідомих для даної місцевості в т.п.

Хвороботворні мікроби не можуть бути виявлені органами чуття людини. Це можливо тільки за допомогою технічних засобів.

Характерною рисою ураження біологічною зброєю є наявність різноманітного по тривалості прихованого періоду дії. Наприклад, при зараженні чумою і холерою, прихований період може бути від декількох годин до 3 діб, туляремією – до 6 діб, висипним тифом – до 14 діб.

Серед великої розмаїтості ознак і клінічної картини, загальним для багатьох інфекційних хвороб є висока температура тіла і підвищена слабкість, а також схильність цих хвороб до швидкого поширення, що призводить до виникнення вогнищ масових захворювань і епідемії.

В умовах біологічного зараження важливе значення має особиста дисципліна і суворе виконання правил поведінки. Для підвищення несприятливості до заразних хвороб весь особовий склад підлягає вакцинації, а при необхідності і профілактичному лікуванню.

Для захисту від біологічних засобів використовуються: індивідуальні і колективні засоби захисту, що надійно захищають органи дихання і шкіряний покрив людини (захисні костюми і протигази); спеціальні і підручні засоби захисту і знезараження води, продовольства і різного майна; захисні сітки і мазі для запобігання людини від укусів комах і кліщів.

Крім того, для підвищення несприйнятливості до заразних захворювань особовому складу робляться спеціальні запобіжні щеплення. Велике значення для запобігання від захворювання має своєчасне прийняття засобів екстреної профілактики (антибіотики), дотримання правил особистої гігієни й інші заходи, проведені до початку бактеріологічного нападу чи після нього.

Захист від ураження бактеріальними засобами в момент їхнього застосування забезпечується індивідуальними і колективними засобами захисту. До індивідуальних засобів захисту від бактеріологічної зброї відносяться: протигаз, захисний плащ, захисні панчохи і рукавички, а також імпрегноване обмундирування. До колективних засобів захисту відносяться: притулки, обладнані фільтровентиляційними агрегатами, і інші споруди легкого і важкого типу.

При перебуванні на відкритій місцевості, у відкритих окопах, щілинах і траншеях при бактеріологічному нападі по сигналу оповіщення про бактеріальне зараження по команді керівників особовий склад надягає протигази і плащі у вигляді накидки; у закритих не вентильованих спорудженнях, закритих машинах надягаються протигази. З першою нагодою за розпорядженням керівників підрозділів проводиться часткова спеціальна обробка шляхом обтрушування (обмітання) обмундирування (спорядження) і засобів захисту, обробка відкритих ділянок тіла за допомогою індивідуального протихімічного пакету(ІПП) і часткова дезінфекція техніки за допомогою індивідуальних дегазаційних пакетів (ІДП) та інших приладів з дезінфікуючими розчинами.

Після проведення частково спеціальної обробки індивідуальні засоби захисту не знімаються до проведення повної спеціальної обробки. Повна спеціальна обробка проводиться по виходу з вогнища ураження, якщо дозволяє обстановка. [17]

Висновки

Під час написання пункту «Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях» у магістерському дипломі, був проведений аналіз потенційних небезпек, що можуть виникнути під час роботи у механічному цеху на металообробних верстатах та були запропоновані різноманітні технічні та організаційні методи запобігання виникнення цих небезпек. Були прийняті заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці. Розрахунок загального освітлення у технологічному відділі, дає можливість забезпечити працюючим комфортні та безпечні умови праці.

ВИСНОВКИ

Підчас виконання магістерської роботи було обрано і обґрунтовано оптимальну заготовку, спроектований оптимальний маршрут обробки поверхонь та виготовлення деталі «Покриваючий диск», були розраховані режимі різання та норми часу на всі операції та заповнено комплект карт до них, розроблені технологічні токарні, свердлильні та фрезерні операції за допомогою модуля NX-CAM, спроектовані робоче та вимірвальне пристосування та виконані їх креслення, була проведена автоматизація контролю на обробному центрі VMC 850E, розраховано деталь на міцність за допомогою модуля NX-CAM та зроблено висновок, що конструкція деталі оптимальна та немає потреби для покращення, було проведено аналіз літературних джерел та прийнято рішення виконувати слюсарну операцію за допомогою полімерно-абразивного інструменту, були передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богуслаев В.А. Основы технологии машиностроения [текст]: учебное пособие для студентов ВУЗов/ В.А. Богуслаев, В.И. Цыпак, В.К. Яценко; ОАО "Мотор Сич", Запорожье. – М.: Машиностроение, 2003. – 336с.
2. Алексеєнко, О.В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Технології машинобудування»/ О.В. Алексеєнко; Запорізький національний університет. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 86с.
3. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя. В 2т. Т.1./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. -4-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1986. -496 с.
4. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400с.
5. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя. В 2т. Т.2./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. -4-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1986. -496 с.
6. Е.Н. Стружестрах Справочник нормировщика - машиностроителя. В 2т. Т.2./ Под ред. Е.Н. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1981. – 892 с.
7. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [текст]: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания. – М.: ООО ИД "Альянс", 2007. – 256 с.
8. Богуслаев В.А. Станочные приспособления [текст]: издание 2-е/ В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов; ОАО "Мотор Сич", Запорожье. – М.: Машиностроение, 2004. – 461 с.
9. Електронний ресурс: http://www.koda.ua/download/System_Renishaw_for_machine_tool.pdf.
10. Технология производства авиационных двигателей ч. III. Методы обработки деталей авиационных двигателей [текст]/ В.А. Богуслаев, А.Я. Качан, В.К. Яценко и др. – М.: ОАО «Мотор Сич», 2008 г. – 638 с.
11. Степанов, Д.М. Методи отримання отворів малих діаметрів у тонкостінних деталях [Електронний ресурс]/ Д.М. Степанов, О.С. Федоренко// Тиждень науки. Машинобудівний факультет. Тези доповідей наук.- практ. конференції 15-19 квітня 2019 р.: тези доп./ Редкол.: В.В.

Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – с. 28-29 – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM). – назва з тит. екрана.

12. Електронний ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrument-dlya-finishnoy-obrabotki-otverstiy/viewer>.

13. Електронний ресурс: <https://stanko-arena.ru/article/sovremennye-tekhnologii-udaleniya-zausentsev-v-otverstiyakh-malykh-diametrov.html>.

14. Степанов Д.Н., Дядя С.И., Гончар Н.В., Черный В.И., Алексеенко О.В. Обоснование выбора полимерно-абразивного инструмента для выполнения отделочных операций. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2010. №2. С. 145-148.

15. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Технологія будування авіаційних двигунів» усіх форм навчання [текст]/ В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський, В.Д. Хорошков та ін. – М.: Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. – 245 с.

16. Шмирко В.І. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень методом світлового потоку» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання [текст]/ В.І. Шмирко, О.В. Коробко, А.Е. Островська. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 34 с.

17. Електронний ресурс: <https://studopedia.org/3-58394.html>.

Додаток А

	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.							
					Документация		
	A1				Складальне креслення		
					Сборочные единицы		
			1		Гідроциліндр	1	
					ЦГ-40.22x1249-ПХ/1		
Справ. №							
					Детали		
Підп. і дата			2		Гачок	1	
			3		Диск $\phi 194,5$	1	
			4		Диск $\phi 306$	1	
Підп. і дата			5		Змінна втулка $\phi 4$	67	
			6		Кондуктор $\phi 1,9$	67	
			7		Корпус	1	
Інв. № докл.			8		Шпилька М4	67	
			9		Шпилька М4	1	
			10		Шпилька М8	1	
Взам. інв. №			11		Штифт 18X16	1	
			12		Штифт 40X22	1	
			13		Шток М8	1	
Підп. і дата							
Інв. № подл.	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	НУЗП 29276.028 Пристрій для свердлення 67 отворів	
	Разроб.	Федоренко О.С.					
	Проб.	Степанов Д.М.					
	Н.контр.	Гермашев А.І.					
	Утв.						
						Лит.	Лист
						1	2
						студ. гр. М-118м	
						НУ "Запорізька політехніка"	

[illegible]

Додаток Б

[illegible]