

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
бакалаврський
(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка технологічного процесу виготовлення
(назва теми)
жорсткої складнопрофільної деталі

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи Мз-110сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Супрун Т.В.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник Вишнепольський Є.В.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент Матюхін А.Ю.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
Кафедра Технологія машинобудування
Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

СУПРУН Тетяни Вікторівни
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення жорсткої складнопрофільної деталі

керівник проєкту (роботи) **ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Євген Валерійович**,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03»04 2023 року №83

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 08.06.2023

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, програма випуску N=5000шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_1. Технологічна частина, 2. Конструкторська частина, 3. Проєктування діляниці, 4. Розрахунок деталі на міцність, 5. Економічна частина, 6. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) креслення деталі, заготовки, графічне зображення 3D деталі та заготовки, маршрут виготовлення деталі, креслення робочого пристосування, графічне зображення операцій обробки в NX

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Старш. викл. Вишнепольський Є.В.		
4	Доцент Пухальська Г.В.		
5	Старш. викл. Вишнепольський Є.В.		

7. Дата видачі завдання «02» 03 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	30.03	
2	Конструкторська частина	10.04	
3	Розрахунок деталі на міцність	15.04	
4	Планування ділянки	18.04	
5	Економічна частина	30.04	
6	Охорона праці	10.05	
7	Оформлення пояснювальної записки	20.05	
8	Нормоконтроль і рецензія	2.06	
9	Захист бакалаврської роботи	12.06	

Студент(ка)

(підпис)

Тетяна СУПРУН

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 99 с., 17 табл., 25 рис., 2 дод., 13 джерел.

КРИШКА, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – деталь «Кришка».

Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення жорсткої складнопрофільної деталі.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті виконана розробка технологічного процесу виготовлення жорсткої складнопрофільної деталі із використанням сучасного обладнання та оснастки. При розробці технологічного процесу виготовлення кришки, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено операції з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

	Скорочення та умовні позначки	7
	Вступ	8
1	Технологічна частина	10
	1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	10
	1.2 Вибір типу і форми організації робіт	12
	1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	14
	1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	19
	1.4.1 Вибір технологічних баз	19
	1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	20
	1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	26
	1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	27
	1.6 Розрахунок режимів різання	32
	1.7 Технічне нормування операцій	46
	1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	52
2	Конструкторська частина	55
	2.1 Проектування робочого пристосування	55
	2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	55
	2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.	57
	2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	60
	2.2 Проектування контрольного пристосування	62
	2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	62
	2.3 Розрахунок на міцність деталі	63
3	Розробка планування ділянки	67
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробка або заходів	71
5	Охорона праці	74

Висновки	77
Перелік джерел посилання	79
Додаток А Специфікація робочого пристосування	80
Додаток Б Технологічні карти	81

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

ГТД – газо-турбінний двигун

ДСТУ – державний стандарт України

ОЕ – операційний ескіз

КГШП – кривошипний гаряче-штампувальний прес

РТК – розрахунково-технологічна карта

ЗК – збірне креслення

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

ЧПК – числове програмне керування

ТП – технологічний процес

МОП – маршрут обробки поверхонь

МВД – маршрут виготовлення деталі

САПР – система автоматизованого проектування

ПЗ – пояснювальна записка

ВЦХ – вагово-центровочні характеристики

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

ВСТУП

У сучасному світі технології машинобудування є невід'ємною частиною розвитку промисловості. Цей сектор є одним з найбільш важливих та перспективних у галузі виробництва, оскільки машинобудівна галузь має безпосередній вплив на економічний розвиток країни. Технології машинобудування є відповідальними за створення та розвиток машин та обладнання, які забезпечують промисловість і повсякденне життя.

Дипломна робота бакалавра з технології машинобудування присвячена дослідженню основних питань технологічного процесу виробництва деталі кришка, визначенню основних факторів, які впливають на якість та точність виробництва, а також розробці методів управління якістю виробництва.

У даній роботі будуть розглянуті теоретичні та практичні аспекти технології машинобудування, такі як основні принципи виробництва металевих виробів, використання матеріалів та інструментів, а також опис роботи устаткування та машин. Будуть проаналізовані методи контролю якості виробництва, включаючи методи неруйнівного контролю та вимірювання параметрів виробництва.

Одним з головних завдань дипломної роботи є розробка технологічного процесу виробництва деталі кришка з використанням сучасних інструментів та обладнання. Будуть досліджені різні методи виготовлення деталей, від початкової обробки до фінішної. Будуть проаналізовані фактори, які впливають на якість виробництва, зокрема, температура та швидкість різання, навантаження на інструменти, якість матеріалу та ін.

Окрім цього, дипломна робота буде зосереджена на вивченні методів управління якістю виробництва. Ці методи включають планування та контроль якості виробництва, вимірювання параметрів процесів, використання методів неруйнівного контролю, аналіз результатів та виявлення причин відхилень від заданих параметрів. У результаті досліджень буде розроблено систему контролю

якості, яка забезпечить стабільну якість виробництва та відповідність продукції вимогам клієнтів та стандартам якості.

Результати досліджень, проведених у рамках дипломної роботи, можуть бути корисними для підприємств, які займаються виробництвом металевих виробів, технологічними підрозділами підприємств та іншими зацікавленими сторонами. Відповідні рекомендації та пропозиції, які будуть висунуті у роботі, можуть бути використані для покращення процесів виробництва та підвищення якості продукції.

Отже, дипломна робота бакалавра з технології машинобудування є важливим етапом у формуванні професійних навичок та здобутті фахової підготовки. Робота зосереджена на розгляді теоретичних та практичних аспектів технології машинобудування, дослідженні факторів, що впливають на якість виробництва, розробці технологічного процесу виробництва та системи контролю якості продукції. Результати досліджень можуть бути корисними для підприємств та інших зацікавлених сторін у покращенні процесів виробництва та підвищенні якості продукції.

У дипломній роботі буде здійснено аналіз та порівняння різних методів технології машинобудування, що дозволить визначити найбільш ефективний метод для вирішення конкретних завдань. Також буде проведено дослідження впливу факторів на якість виробництва та розроблено технологічний процес виробництва, який дозволить досягнути максимальної якості продукції за оптимальних умов.

Окрім того, в дипломній роботі буде проведено аналіз та порівняння різних методів управління якістю виробництва, що дозволить визначити найбільш ефективний метод для забезпечення стабільної якості продукції та відповідності її вимогам клієнтів та стандартам якості. Буде розроблена система контролю якості, яка дозволить підтримувати стабільну якість продукції та виявляти відхилення від заданих параметрів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.

Кришка підшипника авіаційного двигуна є дуже важливою деталлю, яка має важливе призначення в авіаційній промисловості. Вона захищає підшипник від забруднень, пилу, вологи, а також від ударів і вібрацій, які виникають під час експлуатації двигуна. Крім того, вона забезпечує надійну роботу підшипника та його тривалий термін служби, що є критично важливим для безпеки польотів. У складі авіаційного двигуна підшипники виконують важливу функцію - вони забезпечують гладку роботу обертальних частин, таких як вал і кулачкова втулка. При цьому підшипники піддаються значному навантаженню, яке виникає в результаті тертя, вібрації і тиску. Кришки підшипників є невід'ємною частиною цих підшипників і забезпечують надійний захист їх від зовнішніх факторів, які можуть спричинити їх зношення, поломку або зниження робочих характеристик.

Деталь має головну вісь симетрії, містить велику кількість отворів розташованих на торцях. Більшість поверхонь невеликої точності. Механічна обробка не викликає труднощів, доступ інструменту до поверхонь обробки нормальний. Довжина деталі є невеликою тому може визивати труднощі при базуванні у технологічному оснащенні. Деталь виготовляється з низьколегованої сталі. Сталь 12Х2Н4А-Ш є низьколегованою хромомолібденовою сталлю, яка застосовується для виробництва деталей, що працюють в умовах підвищених навантажень та зносу, зокрема для виробництва шестерень, валів, шпильок, втулок та інших деталей машин та обладнання.

Хімічний склад та основні механічні властивості сталі 12Х2Н4А-Ш, у відсотках показано в таблиці 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 12Х2Н4А-Ш

C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni
0,10-0,15	0,17-0,37	0,30-0,60	не більше 0,025	не більше 0,025	1,80-2,20	0,40-0,60	3,60-4,10

Таблиця 1.2 Основні механічні властивості сталі 12Х2Н4А-Ш

σ_T	σ_B	δ	ψ	НВ
не менше 980 МПа	не менше 1180 МПа	не менше 9%	не менше 50%	не більше 400

Сталь 12Х2Н4А-Ш має високу міцність та твердість, стійка до зносу та корозії. Вона також добре піддається термічній обробці, що дозволяє отримувати деталі з заданими властивостями.

Сталь 12Х2Н4А-Ш піддається термічній обробці з метою зміни її механічних властивостей та забезпечення необхідної твердості та міцності. Основні види термічної обробки для цієї сталі включають закалку, відпуск і нормалізацію.

Закалка: Закалка проводиться для підвищення міцності та твердості сталі. Спочатку деталі нагрівають до температури 880-920°C, після чого проводиться змочування у воді або олії. Після заправки деталі досягають максимальної твердості та міцності, але втрачають пластичність.

Відпуск: Відпуск проводять для зниження жорсткості та підвищення пластичності деталей після заправки. Для цього деталі нагрівають до температури 600-650°C і утримують при цій температурі протягом певного часу (зазвичай 2-4 години), після чого поступово охолоджують до кімнатної температури.

Нормалізація: Нормалізацію проводять для зняття напруг, що виникають при виробництві деталей. Для цього деталі нагрівають до температури 870-910°C, утримують при цій температурі протягом 10-15 хвилин, після чого охолоджують повільно на повітрі.

Креслення деталі зазначено на рисунку 1.1.

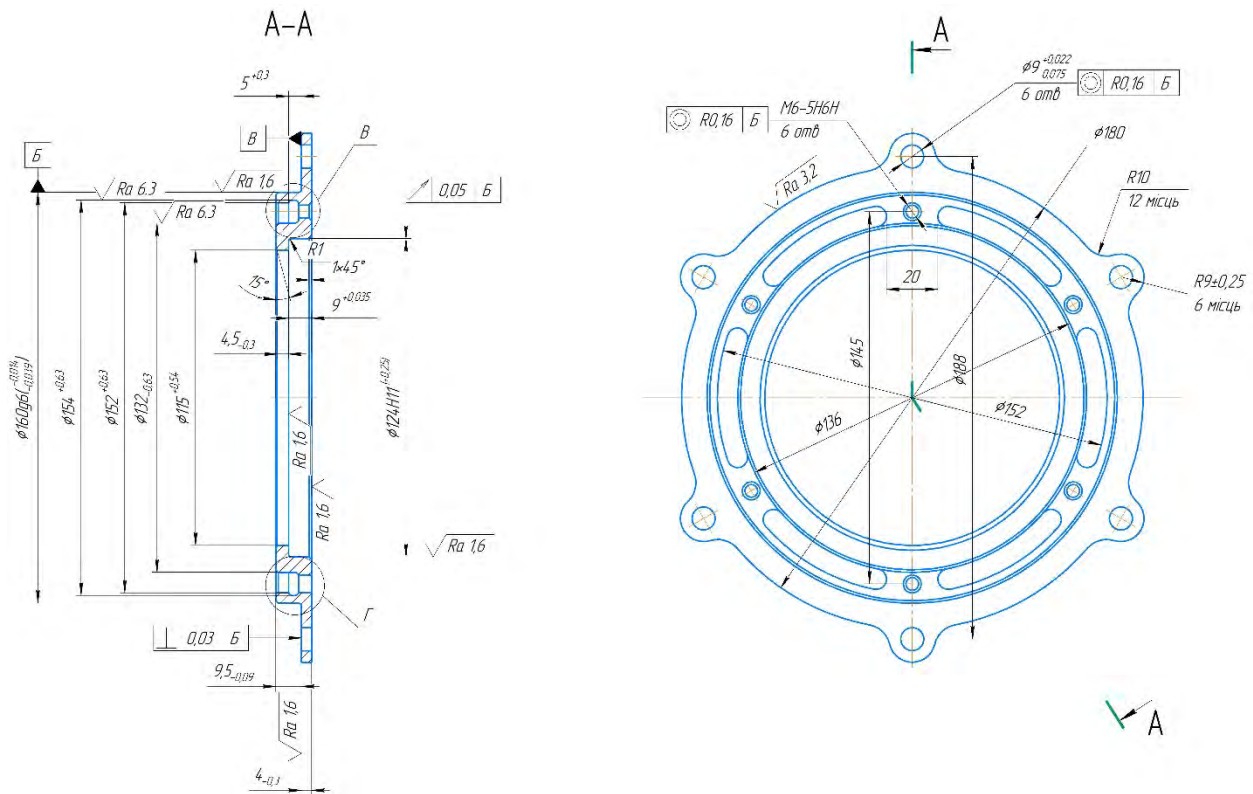


Рисунок 1.1 – Геометрія деталі кришка

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Вибір типу виробництва та форми організації робіт залежить від багатьох факторів, таких як розмір компанії, тип продукції, кількість та склад співробітників, доступність обладнання та технологій, бюджет і ресурси тощо.

Тип виробництва будемо визначати на основі призначення деталі, річної норми виробітку, та ваги.

Завданням на бакалаврську дипломну роботу встановлено: вага деталі – 1,15 кг; річна норма виробітку – 5000 шт.

Відповідно до ваги та норми виробітку призначасмо багатосерійний тип виробництва. Багатосерійне виробництво - це тип виробництва, який орієнтований на виробництво великої кількості продуктів з використанням

спільних компонентів та обладнання. Таке виробництво характеризується високим рівнем стандартизації та модульності, що дозволяє зменшити витрати на виробництво та збільшити ефективність виробництва.

Призначаємо серійно-потокову форму організації робіт. Серійно-потокова форма організації робіт - це метод, за яким різні етапи виробництва або процесу обробки даних виконуються послідовно один за одним, з розділенням робочого процесу на окремі етапи. При цьому кожен етап роботи може виконуватися паралельно на різних робочих місцях.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

де a – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

Φ – кількість робочих днів на рік (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{250} = 40 \text{ шт.}$$

Серійно-потокова форма організації робіт є ефективним підходом, що дозволяє раціоналізувати виробничі процеси та покращити продуктивність. В цій формі роботи поділяються на послідовні етапи або потоки, кожен з яких виконується різними спеціалістами чи групами працівників. При такому підході, продукт просувається через послідовні стадії виготовлення або обробки, де кожен етап додає певну вартість до кінцевого результату.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Вибір виду та способу отримання заготовки виконується з врахуванням кількох факторів, таких як ціна, якість, швидкість виготовлення та доступність матеріалів.

Перш за все, потрібно оцінити кількість заготовок, які необхідно виготовити. Якщо потрібно виготовити невелику кількість заготовок, то оптимальним варіантом може бути ручне виготовлення або виготовлення на токарному верстаті. Якщо ж потрібно виготовити велику кількість заготовок, то кращим варіантом може бути виготовлення на станку з ЧПУ. Такий спосіб має високу точність та швидкість виготовлення, що дозволяє економити час та знижувати вартість продукції на одиницю. Також слід враховувати матеріали, з яких будуть виготовлені заготовки. Якщо матеріали складні для обробки, то краще використовувати спеціалізовані машини, які дозволять досягти більшої точності та якості обробки. У процесі економічного обґрунтування слід оцінити вартість всіх можливих варіантів виготовлення та вибрати той, який найбільше відповідає поставленим вимогам щодо якості та вартості продукції на одиницю. Крім того, слід враховувати можливість універсального використання машини для виготовлення різних типів заготовок. Це може знизити загальну вартість обладнання та забезпечити ефективність його використання. Враховуючи ці фактори, можна зробити обґрунтований вибір щодо виду та способу отримання заготовки.

Відповідно до заданої деталі кришка для порівняльного розрахунку з визначення оптимального методу отримання заготовки обрано штампування на молотах та штампування з використання кривошипного горяче-штампувального пресу.

Вибір між двома методами відбувається на основі розрахунку собівартості виготовлення та економії за матеріалом від обраного методу.

Отримання заготовки штампування на молоті.

Параметри заготовки отриманої за даним методом вказано на рисунку 1.2 та на рисунку 1.3.

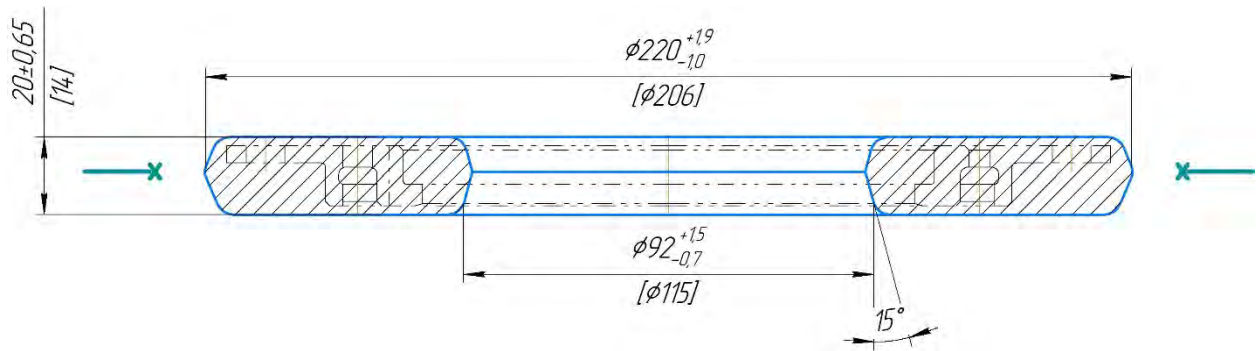


Рисунок 1.2 – Заготовка, яка отримана «штамповкою на молоті»

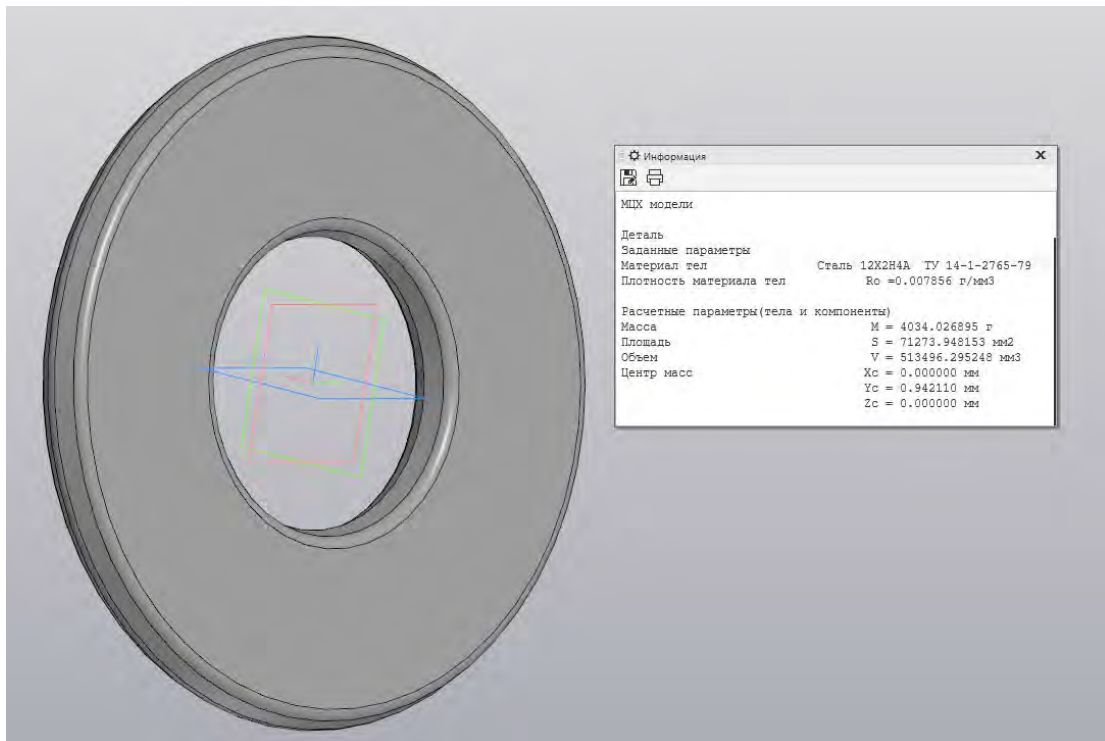


Рисунок 1.3 – Віртуальна модель та розрахунок вагово-центровочних характеристик (ВЦХ) заготовки, яка отримана «штамповкою на молоті»

Вартість виготовлення заготовки на молотах визначається за формулою:

$$C_{\text{молота}} = \frac{C_{\text{Б}}}{1000} \cdot Q \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} - (Q - q) \cdot \frac{C_{\text{отх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де $C_{\text{Б}}$ - вартість 1т заготовки, $C_{\text{Б}}=60000$ грн/т;

Q -маса заготовки, $Q=4,03$ кг;

q -маса деталі, $q=1,15$ кг;

$K_{\text{Т}}$ - фактор, що враховує клас точності $K_{\text{Т}}=1$;

$K_{\text{М}}$ - фактор, враховує марку матеріалу $K_{\text{М}}=2,4$;

$K_{\text{В}}$ - фактор, враховує масу заготовки $K_{\text{В}}=1$;

$K_{\text{П}}$ - фактор, враховує програму випуску $K_{\text{П}}=0,5$;

$C_{\text{отх}}$ - вартість 1т стружки, $C_{\text{отх}}=3000$ /т.

$$\begin{aligned} C_{\text{молота}} &= \frac{60000}{1000} \times 4,03 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (4,03 - 1,15) \times \frac{3000}{1000} \\ &= 281,52 \text{грн} \end{aligned}$$

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}}; \quad (1.3)$$

де $M_{\text{дет}} = 1,15$ кг – вага деталі;

$M_{\text{заг}} = 4,03$ кг – вага заготовки;

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{1,15}{4,03} = 0,28$$

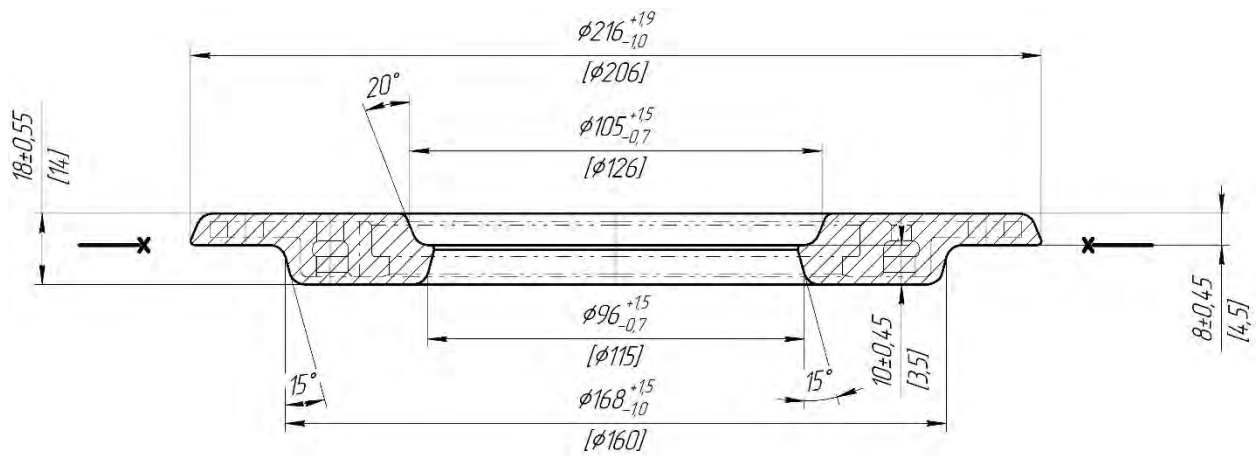


Рисунок 1.4 – Геометрія заготовки, отриманої штамповкою на КГШП

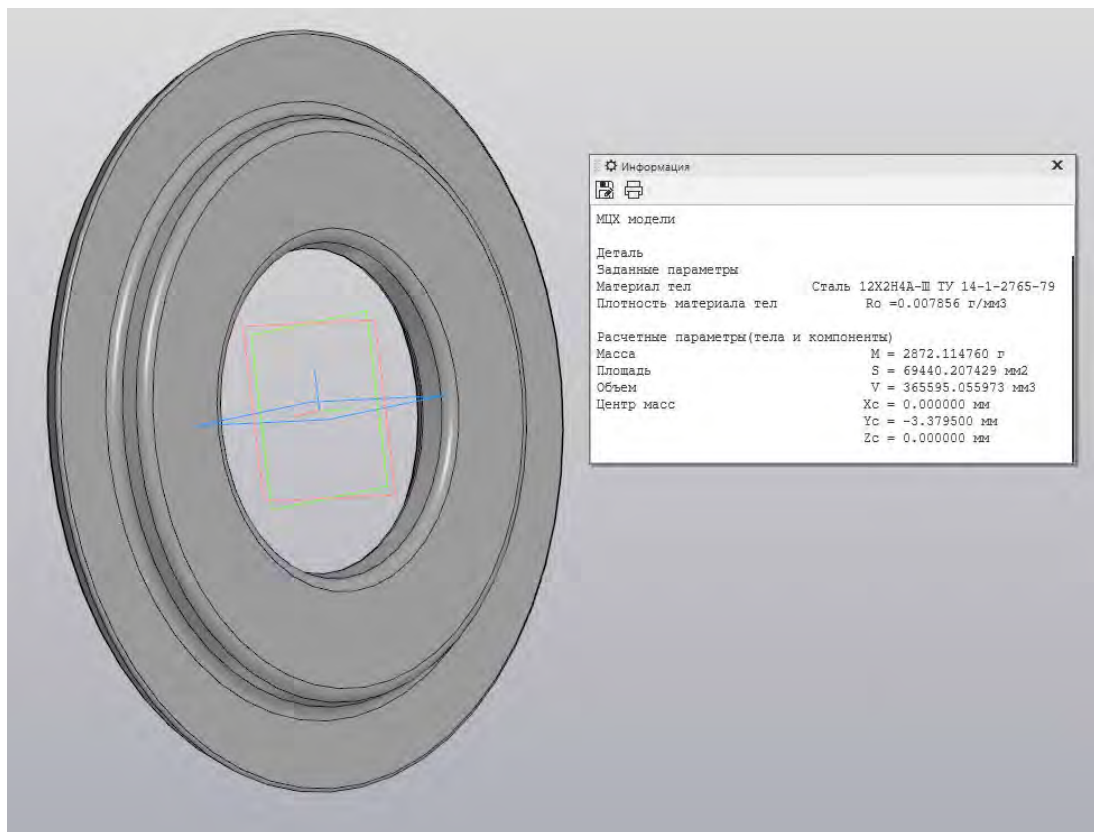


Рисунок 1.5 – Віртуальна модель та розрахунок вагово-центровочних характеристик (ВЦХ) заготовки, яка отримана «штамповкою на КГШП»

Вартість виготовлення заготовки штамповкою на КГШП визначається за формулою:

$$C_{\text{КГШП}} = \frac{70000}{1000} \times 2,87 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (2,87 - 1,15) \times \frac{3000}{1000}$$

$$= 235,92 \text{ грн}$$

де $K_B=1$; $K_M=2,5$; $K_P=0,5$; $K_T=1$; $C_6=70000 \text{ грн/т}$; $q=1,15 \text{ кг}$; $Q=2,87 \text{ кг}$;
 $S_{\text{відх}}=3000 \text{ грн/т}$.

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{1,15}{2,87} = 0,4$$

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок

Показники		Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Молота	КГШП
Вага деталі, q		кг	1,15	1,15
Вага заготовки, Q		кг	4,03	2,87
Коефіцієнт використання матеріалу, η		—	0,28	0,4
Базова ціна 1т заготовок, B ₆		Грн.	60000	70000
Коефіцієнти,	K _в		1	1
	K _м		2.4	2.5
	K _п		1	1
	K _т		0.5	0.5
Ціна 1т стружки, B _{відх.}		грн.	3000	3000
Вартість заготовки, С		грн.	281,52	235,92

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-м варіанті $C_{\text{молота}}=281,52 \text{ грн}$; во 2-м варіанті $C_{\text{КГШП}}=235,92 \text{ грн}$; $C_1 > C_2$; $K_{\text{ВМ}}_{\text{молота}} < K_{\text{ВМ}}_{\text{КГШП}}$.
 На основі виконаних розрахунків робимо висновок, що штампування з

використанням КГШП економічно більш раціональне у порівнянні із штампуванням із використанням молотів.

КГШП здатний до швидкого та ефективного виробництва великої кількості деталей. Він може виконувати численні операції штампування за короткий проміжок часу, що дозволяє збільшити загальну продуктивність.

Дозволяє досягти високої точності та якості виготовлених деталей. Він забезпечує рівномірну дистрибуцію сили під час процесу штампування, що дозволяє отримувати деталі з високою геометричною точністю та мінімальними відхиленнями.

КГШП може виготовляти великі та складні деталі зі складною формою. Він забезпечує достатню силу для подолання опору матеріалу та формування його в потрібну конфігурацію.

Використання КГШП дозволяє знизити витрати на виробництво. Висока продуктивність та швидкість виготовлення деталей дозволяють знизити витрати на робочу силу та енергію, що робить цей тип пресу економічно вигідним рішенням для масового виробництва.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Технологічні бази при обробці деталі можуть варіюватися в залежності від вимог до якості та точності обробки, обсягу виробництва, наявності обладнання та ресурсів, а також типу матеріалу та форми деталі. Призначення технологічних баз повинно відбуватися із врахування операцій на яких буде виконуватися обробка. Основні технологічні операції при обробці деталей кришка:

Токарна обробка. При цьому деталь закріплюється на верстаті, а інструмент рухається паралельно до осі деталі, забезпечуючи потрібну форму і розмір. Фрезерування. При цьому деталь закріплюється на столі фрезерного

верстата, а інструмент рухається вздовж трьох осей, забезпечуючи потрібну форму і розмір. Свердління. Свердлови́на зазвичай використовується для свердління отворів різного розміру та форми. Шліфування. При цьому деталь розміщується на шліфувальному столі, а абразивні інструменти використовуються для обробки поверхні.

Також при призначенні технологічних баз при обробці деталі кришка було враховано принцип сталості, та принцип поєднання баз, поверхні які використовуються в якості баз повинні бути зручними для закріплення. Враховуючи все вище сказане для обробки деталі кришка були призначені наступні технологічні бази.

У якості чорнових баз слугують: розмір $8 \pm 0,45$ та діаметральна поверхня $\varnothing 168^{+1,5}_{-1,0}$.

У якості чистових баз будуть використовуватися наступні поверхні: з одного боку лінійний розмір $4_{-0,3}$ та діаметральна поверхня $\varnothing 208$, а з іншого боку лінійний розмір $9,5$ та діаметральна поверхня $\varnothing 160_{g6}$.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) - це послідовність операцій обробки, які застосовуються для отримання потрібної форми, розміру, якості і стану поверхні виробу. МОП включає в себе різні технології обробки, такі як токарна обробка, фрезерування, свердління, різання, шліфування, полірування тощо.

МОП складається з декількох етапів. Спочатку встановлюється форма і розміри деталі, які необхідні для досягнення вимог замовника. Потім визначається послідовність операцій, які необхідно виконати, відповідно до вимог до якості і точності виробу. Наступним етапом є вибір технології обробки для кожної операції, що залежить від розміру, форми та матеріалу деталі.

Після вибору технології обробки проводиться визначення параметрів обробки, таких як швидкість різання, подача та глибина різання. Параметри обробки мають велике значення для досягнення необхідної якості і точності деталі. Останнім етапом МОП є визначення порядку виконання операцій і встановлення часу, необхідного для виконання кожної з них.

Усі ці етапи МОП виконуються з урахуванням вимог до якості виробу, ефективності технології та економічної доцільності виготовлення. Вірно складений МОП дозволяє досягти високої якості деталі, знизити витрати на виробництво та збільшити продуктивність робочих процесів.

Проектування маршруту обробки поверхонь почнемо з технологічної розмітки основних поверхонь деталі на основі її креслення. До основних поверхонь відносять поверхні, які забезпечують функціональне призначення деталі. Технологічна розмітка поверхонь вказана на рисунку 1.6.

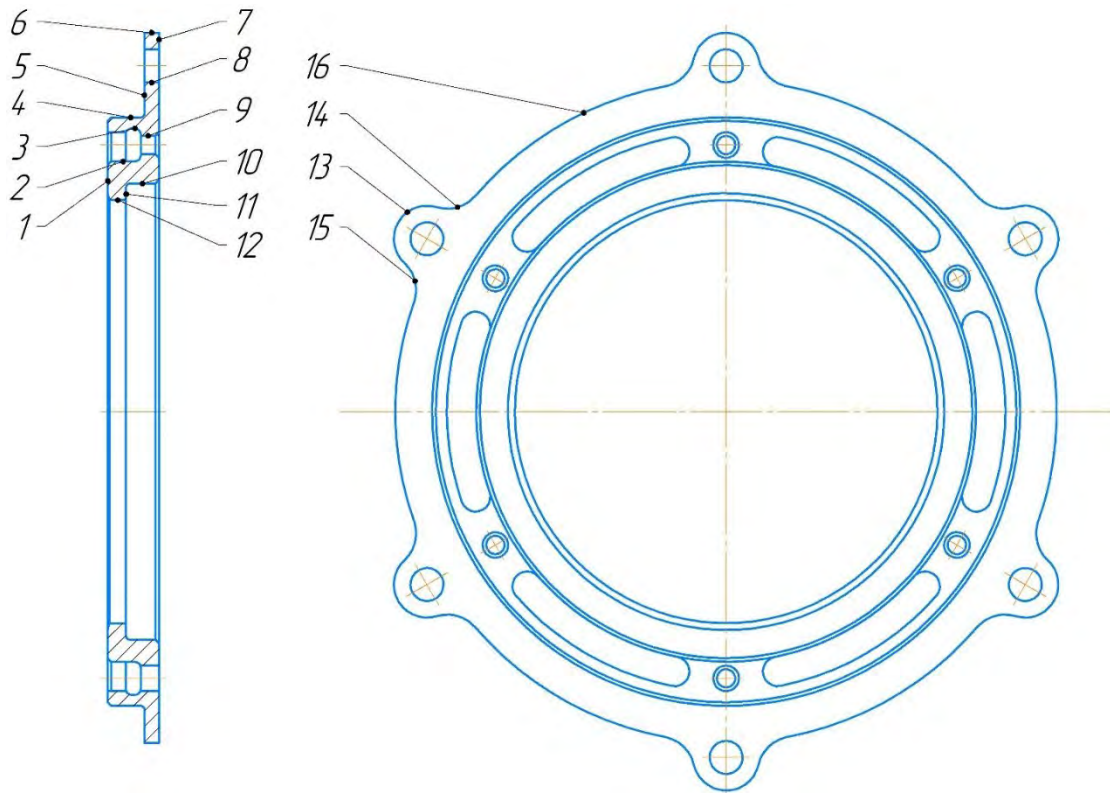


Рисунок 1.6 – Схема технологічної розмітки основних поверхонь

Для однієї поверхні виконаємо розрахунок МОП аналітично, на інші поверхні результати розрахунків будуть вказані у таблиці 1.4.

Детальний розрахунок МОП виконуємо для зовнішньої діаметральної поверхні під номером 4 Ø160g6.

Розрахунок починаємо з обчислення загального уточнення за показниками точності та якості поверхні. Їх величину визначаємо за формулами (1.4), (1.5):

$$\varepsilon_{di} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}}, \quad (1.4)$$

$$\varepsilon_{Rai} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \quad (1.5)$$

де ε_{d0} , ε_{Ra0} – загальні уточнення за показниками точності геометричного розміру та шорсткості поверхні відповідно;

$Td_{\text{заг}}$, $Td_{\text{дет}}$ – допуск розміру заготовки та деталі відповідно;

$Ra_{\text{заг}}$, $Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість поверхні заготовки та деталі відповідно.

Підставив у формули (1.4), (1.5) чистові значення змінних отримаємо:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{2,5}{0,025} = 100,$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{25}{1,6} = 15,62.$$

Відповідно до отриманих даних, найбільшого уточнення вимагає показник точності геометричного розміру. За ним будемо проводити розрахунок кількості переходів механічної обробки:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{j0}, \quad (1.6)$$

де ε_{j0} – загальне уточнення за превалюючим показником точності та якості поверхні;

j – індекс показника точності та якості поверхні.

$$k = 2 \cdot \lg 100 = 4.$$

Приймаємо кількість переходів механічної обробки рівним $k=4$ для всіх показників точності та якості поверхонь.

Наступним кроком є розробка послідовності показників точності та якості ППТЯ для показника точності геометричного розміру. Для цього від показника точності геометричного розміру заготовки віднімаємо показник точності розміру деталі:

$$\Delta_{\text{кв}} = \nabla_{\text{заг}} - \nabla_{\text{дет}}, \quad (1.7)$$

де $\nabla_{\text{заг}}$ – квалітет точності заготовки;

$\nabla_{\text{дет}}$ – квалітет точності деталі.

$$\Delta_{\text{кл}} = |16 - 6| = 10.$$

Результат розрахунку розподіляємо між прийнятою кількістю переходів механічної обробки за законом прогресивного зменшення.

$$\Delta_{\text{кв}} = 10 = 3 + 3 + 2 + 2.$$

Таким чином отримуємо ППТЯ:

$$\nabla_{16} \rightarrow \nabla_{13} \rightarrow \nabla_{10} \rightarrow \nabla_8 \rightarrow \nabla_6.$$

Призначаємо переходи механічної обробки: точіння чорнове; точіння чистове; шліфування чорнове; шліфування чистове. Допуски для проміжних переходів призначаємо у відповідності з ППТЯ за таблицями [2].

Уточнення за переходами механічної обробки знаходимо за формулою (1.4):

$$\varepsilon_{d3} = \frac{Td_1}{Td_3} = \frac{2,5}{0,65} = 3,84,$$

$$\varepsilon_{d4} = \frac{Td_3}{Td_4} = \frac{0,65}{0,15} = 4,33,$$

$$\varepsilon_{d5} = \frac{Td_4}{Td_5} = \frac{0,15}{0,1} = 1,5,$$

$$\varepsilon_{d6} = \frac{Td_5}{Td_6} = \frac{0,1}{0,025} = 4,$$

Умова, при якій розробляємий МОП буде забезпечувати необхідну точність та якість:

$$\prod_{i=3}^k \varepsilon_{ji} \geq \varepsilon_0, \quad (1.9)$$

де ε_{ji} – уточнення точності поверхні на i -том переході;

j – індекс показника точності поверхні;

i – номер переходу виготовлення поверхні деталі.

За формулою (1.9), отримаємо:

$$\prod_{i=3}^k \varepsilon_{di} = 3,84 \cdot 4,33 \cdot 1,5 \cdot 4 = 101,76 \geq 100,$$

Так як умова виконується, МОП запроектовано вірно.

Розробка МОП за іншими поверхнями виконується аналогічно та вказується у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки основних поверхонь деталі кришка

Параметри поверхонь деталі та заготовки	j	ε_{jo}	Кількість переходів k		Різниця показників точності ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розр.	Прийн.		i	Метод обробки	Td	Ra	ε_{di}	ε_{rai}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Поверхня 4 $\varnothing 160g6$ $Td_{\text{заг}} = 2,5(^{+1,5}_{-1,0})$ $Ra_{\text{дет}} = 1,6$ $Ra_{\text{заг}} = 25$	d Ra	100 15,62	4	4	$\Delta_{\text{кв}}=16-6=10$ $\nabla 16 \rightarrow \nabla 13 \rightarrow \nabla 10$ $\rightarrow \nabla 8 \rightarrow \nabla 6.$	1 2 3 4 5 6	Заготовка ТО Точ. Черн. Точ. Чист. Шліф. Черн. Шліф. Чист.	2,5 - 0,65 0,15 0,1 0,025	25 - 12,5 6,3 3,2 1,6	- - 3,84 4,33 1,5 4	- - 2 1,98 1,97 2
Поверхня 1,7 L14 $Td_{\text{заг}} = 1,1 \pm 0,55$ $Ra_{\text{дет}} = 1,6$ $Ra_{\text{заг}} = 25$	d Ra	3,67 15,62	2,38	3	$\Delta_{\text{кв}}=16-10=6$ $\nabla 16 \rightarrow \nabla 13 \rightarrow \nabla 11$ $\rightarrow \nabla 10$	1 2 3 4 5	Заготовка ТО Точ. Черн. Точ. Чист. Шліф. Черн.	1,1 - 0,85 0,5 0,3	25 - 12,5 6,3 1,6	- - 1,29 1,7 1,67	- - 2 1,98 3,94
Поверхня 11 L9 $Td_{\text{заг}} = 1,1 \pm 0,55$ $Td_{\text{дет}} = 9^{+0,035}_{-0,3}$ $Ra_{\text{дет}} = 1,6$ $Ra_{\text{заг}} = 25$	d Ra	31,42 15,62	2,99	3	$\Delta_{\text{кв}}=16-9=7$ $\nabla 16 \rightarrow \nabla 13 \rightarrow \nabla 11$ $\rightarrow \nabla 9$	1 2 3 4 5	Заготовка ТО Точ. Черн. Точ. Чист. Шліф. Черн.	1,1 - 0,85 0,3 0,035	25 - 12,5 6,3 1,6	- - 1,29 2,83 8,57	- - 2 1,98 3,94
Поверхня 5 L9,5 $Td_{\text{заг}} = 1,1 \pm 0,45$ $Td_{\text{дет}} = 9,5^{+0,3}_{-0,3}$ $Ra_{\text{дет}} = 1,6$ $Ra_{\text{заг}} = 25$	d Ra	3 15,62	2,38	3	$\Delta_{\text{кв}}=16-10=6$ $\nabla 16 \rightarrow \nabla 13 \rightarrow \nabla 11$ $\rightarrow \nabla 10$	1 2 3 4 5	Заготовка ТО Точ. Черн. Точ. Чист. Шліф. Черн.	1,1 - 0,85 0,5 0,3	25 - 12,5 6,3 1,6	- - 1,29 1,7 1,67	- - 2 1,98 3,94
Поверхня 12 $\varnothing 115H11$ $Td_{\text{заг}} = 2,2(^{+1,5}_{-0,7})$ $Td_{\text{дет}} = 0,54(^{+0,54}_{-0,54})$ $Ra_{\text{дет}} = 3,2$ $Ra_{\text{заг}} = 25$	d Ra	4,63 7,81	1,78	2	$\Delta_{\text{кв}}=16-11=5$ $\nabla 16 \rightarrow \nabla 13 \rightarrow \nabla 11.$	1 2 3 4	Заготовка ТО Точ. Черн. Точ. Чист.	2,2 - 0,85 0,54	25 - 12,5 3,2	- - 2,59 1,57	- - 2 3,91
Поверхня 10 $\varnothing 124H10$ $Td_{\text{заг}} = \pm 0,55$ $Td_{\text{дет}} = 0,25(^{+0,25}_{-0,25})$ $Ra_{\text{дет}} = 1,6$ $Ra_{\text{заг}} = 25$	d Ra	4,4 15,62	2,38	3	$\Delta_{\text{кв}}=16-10=6$ $\nabla 16 \rightarrow \nabla 13 \rightarrow \nabla 11$ $\rightarrow \nabla 10$	1 2 3 4 5	Заготовка ТО Точ. Черн. Точ. Чист. Шліф. Черн.	1,1 - 0,85 0,62 0,55	25 - 12,5 6,3 1,6	- - 1,29 1,37 1,13	- - 2 1,98 3,94

Було виконано детальний розрахунок МОП на одну зовнішню діаметральну поверхню на інші поверхні дані наведені в таблиці 1.4.

Застосування відповідних алгоритмів та методів розрахунку дозволило знайти послідовність обробки, яка дозволяє здійснити обробку поверхонь з максимальною ефективністю та мінімальними затратами часу та ресурсів.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.

Маршрут виготовлення деталі кришка в умовах крупносерійного виробництва буде включати наступні етапи:

Виготовлення заготовки: підготовка до обробки, нарізка на заготовки відповідних розмірів і форми, зміцнення металу (загартування, відпускання).

Обробка заготовок на верстатах: заготовки проходять через ряд верстатів, де здійснюється різання, свердління, токарна обробка, фрезерування, шліфування та інші операції відповідно до потреби.

Термообробка: при необхідності деталі піддаються термічній обробці, такі як закалка, відпускання, нагрів, охолодження тощо.

Фінішна обробка поверхні: на цьому етапі деталі можуть проходити шліфування, полірування, фарбування, покриття тощо.

Контроль якості: деталі перевіряються на відповідність технічним вимогам та стандартам, з метою виявлення можливих дефектів.

Вибір технологій обробки виконано на основі розробленого МОП, а також визначення параметрів обробки деталі.

Враховано можливості автоматизації та роботизації виробництва, що дозволяє підвищити якість та продуктивність, знизити ризик помилок, а також зменшити витрати на оплату праці.

Розглянуто можливості оптимізації виробничих процесів та зменшення відходів, що може призвести до зниження витрат на виробництво та підвищення конкурентоспроможності продукції.

Розроблений маршрут виготовлення деталі враховує такі фактори, як геометрія деталі, розташування оброблювальних інструментів, допустимі швидкості обробки та обмеження на точність обробки. В результаті було встановлено послідовність операцій та рекомендовані переміщення інструментів для досягнення найкращих результатів обробки.

Цей маршрут виготовлення деталі дозволить підприємствам та виробникам знизити час та затрати на обробку поверхонь, збільшити продуктивність та якість виробництва. Додатково, такий маршрут дозволяє мінімізувати ризик пошкодження деталей під час обробки та забезпечити більш однорідний результат.

Маршрут виготовлення деталі "Кришка" виконано на листі НУЗП 713003.005 та показано у графічній частині дипломного проекту.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом. Розрахунково-аналітичний метод розрахунку припусків на технологічний розмір полягає в обчисленні величини припуску за допомогою математичних формул та спеціальних таблиць. Особливості цього методу включають наступне:

Велика точність розрахунків. Розрахунково-аналітичний метод дає можливість обчислити припуски на технологічний розмір з високою точністю.

Використання математичних формул та спеціальних таблиць. Для розрахунку припусків на технологічний розмір за допомогою розрахунково-аналітичного методу використовуються математичні формули та спеціальні таблиці.

Залежність від характеристик матеріалу деталі. При розрахунку припусків на технологічний розмір необхідно враховувати характеристики матеріалу деталі, такі як твердість, пружність, міцність та інші.

Врахування особливостей технології виготовлення деталі. Для розрахунку припусків на технологічний розмір необхідно враховувати особливості технології виготовлення деталі, такі як тип обробки, тип інструменту, швидкість різання, швидкість подачі тощо.

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 160g6(-0.014_{-0.039})$

Для заготовки нормативні значення $Rz=100\text{мкм}$ и $h=190\text{мкм}$ приймаємо в залежності від функціонального призначення деталі, існуючих стандартів та маси заготовки.

Так як ми маємо заготовку нормальної точності то просторові відхилення: $\rho_{\text{см}}=650\text{мкм}$, $\rho_{\text{кор}}=\Delta_k \times l=5 \times 14=70\text{мкм}=0,07\text{мм}$.

Сумарне їх значення визначаємо за формулою (1.10):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{650^2 + 70^2} = 653,76\text{мкм} = 0,654\text{мм} \quad (1.10)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h : $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1=0.06 \times 500=30\text{мкм}=0,03\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{зар}}^2 + 1} = 0,25 \sqrt{2,5^2 + 1} = 0,673\text{мм} = 673\text{мкм} \quad (1.11)$$

де $Td_{\text{зар}}=2,6\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння чистового нормативні значення Rz , h , прийmemo: $Rz_3=50\text{мкм}$, $h_3=50\text{мкм}$, $\rho_3=39,24\text{мкм}$, $\varepsilon_3=40,38\text{мкм}$.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz , h , прийmemo: $Rz_4=25\text{мкм}$, $h_4=25\text{мкм}$, $\rho_4=1,96\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,02\text{мкм}$.

Для шліфування чистового нормативні значення Rz , h , прийmemo: $Rz_3=5\text{мкм}$, $h_3=10\text{мкм}$, $\rho_3=0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\text{min}} = 2[100 + 190 + \sqrt{(654^2 + 673^2)}] = 2456\text{мкм} = 2,456\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{2\min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(39,24^2 + 40,38^2)}] = 312,6\text{мкм} = 0,312\text{мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{3\min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(1,96^2 + 2,02^2)}] = 105,63\text{мкм} = 0,106\text{мм}$$

Для шліфування чистового:

$$2Z_{4\min} = 2[5 + 10 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 30\text{мкм} = 0,03\text{мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{НОМ}} + \text{eid}_5 = 160 + (-0,039) = 159,961\text{мм} \quad (1.12)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$\begin{aligned} d_i^{\min} &= d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.13) \\ d_4^{\min} &= d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 159,961 + 0,03 = 159,991\text{мм}; \\ d_3^{\min} &= d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 159,991 + 0,106 = 160,097\text{мм}; \\ d_2^{\min} &= d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 160,097 + 0,312 = 160,409\text{мм}; \\ d_1^{\min} &= d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 160,409 + 2,456 = 162,865\text{мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$\begin{aligned} d_i^{\max} &= d_i^{\min} + Td_i \quad (1.14) \\ d_5^{\max} &= d_5^{\min} + Td_5 = 159,961 + 0,025 = 159,986\text{мм}; \\ d_4^{\max} &= d_4^{\min} + Td_4 = 159,991 + 0,1 = 160,091\text{мм}; \\ d_3^{\max} &= d_3^{\min} + Td_3 = 160,097 + 0,15 = 160,247\text{мм}; \\ d_2^{\max} &= d_2^{\min} + Td_2 = 160,409 + 0,65 = 161,059\text{мм}; \\ d_1^{\max} &= d_1^{\min} + Td_1 = 162,865 + 2,5 = 165,365\text{мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.15)$$

$$\begin{aligned}
2z_2^{\max} &= d_1^{\max} - d_2^{\max} = 165,365 - 161,059 = 4,306\text{мм}; \\
2z_3^{\max} &= d_2^{\max} - d_3^{\max} = 161,059 - 160,247 = 0,812\text{мм}; \\
2z_4^{\max} &= d_3^{\max} - d_4^{\max} = 160,247 - 160,091 = 0,156\text{мм}; \\
2z_5^{\max} &= d_4^{\max} - d_5^{\max} = 160,091 - 159,986 = 0,105\text{мм};
\end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$\begin{aligned}
2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\
5404 - 289 &= 2500 + 25
\end{aligned}$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{min}} + ei_1 = 162,865 + 1,0 = 163,87\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки дорівнює: $\varnothing 163,87_{-1,0}^{+1,5}$ за іншими переходами механічної обробки зазначеної поверхні виконуємо в системі «валу».

У даному випадку були проведені розрахунки для визначення необхідних припусків на задані поверхні отримані при розрахунках результати заносимо в таблицю 1.3.

Розраховані припуски були визначені на основі вимог технічних креслень, стандартів або специфікацій.

Розрахунок припусків виконували з метою забезпечення відповідності деталі вимогам та забезпечення взаємозамінності та взаємодії з іншими деталями або компонентами. Правильно встановлені припуски дозволяють уникнути проблем з монтажем, функціональністю або якістю виробленої продукції.

Прийняття правильних припусків є важливим етапом в процесі проектування та виробництва, оскільки неправильно визначені припуски можуть призвести до проблем у функціонуванні виробу, дефектів або недоліків у якості. Тому, враховуючи специфіку деталі, функціональні та виробничі вимоги, а також відповідні стандарти, розраховані припуски є важливою складовою для досягнення якісного та функціонального виробу.

Таблиця 1.3 – Розрахунок припусків

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
Ø160g6	Заготовка	100	190	500	-	-	162,865	2,5	165,365	162,865	-	-	Ø163,87 ^{+1,5} _{-1,0}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	39,24	673	2456	160,409	0,65	161,039	160,409	4306	2456	Ø161 _{-0,65}
	Точ. чист	25	25	1,96	2,1	312	160,097	0,15	160,247	160,097	812	312	Ø160,25 _{-0,15}
	Шліф. Чорн.	5	10	0	0	106	159,991	0,1	160,091	159,991	156	106	Ø160,09 _{-0,1}
	Шліф. Чист.	2,5	2,5	0	0	30	159,961	0,025	159,986	159,961	105	30	Ø160 _{-0,039} ^{-0,014}
L9,5h10	Заготовка					-	13,062	1,1	14,162	13,062	-	-	13,6±0,55
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.					3500	9,565	0,85	10,415	9,565	3747	3500	10,41 _{-0,85}
	Точ. чист					250	9,315	0,5	9,815	9,315	600	250	9,81 _{0,25}
	Шлиф. Чорн.					115	9,2	0,3	9,5	9,2	315	115	9,5 _{-0,3}

1.6 Розрахунок режимів різання.

Розрахунок режимів різання для авіаційних деталей має свої особливості через високі вимоги до якості, міцності та безпеки в повітряному транспорті.

Авіаційні деталі зазвичай виготовляються з високоміцних сплавів, які можуть бути складними для обробки. Розрахунки режимів різання повинні враховувати властивості матеріалу, такі як міцність, жорсткість, теплопровідність і стійкість до зносу.

Форма і складність геометрії авіаційних деталей можуть вплинути на вибір і розрахунок режимів різання. Наприклад, наявність тонких стінок, кутів і скруглень може вимагати використання спеціальних інструментів або оптимізованого підходу до різання.

Авіаційні деталі часто мають високі вимоги до точності та геометричної відповідності. Розрахунок режимів різання повинен забезпечувати досягнення необхідної точності та якості обробки, з урахуванням можливих варіацій у процесі виробництва.

Різання авіаційних деталей може викликати значну генерацію тепла, що може негативно вплинути на матеріал і якість обробки. Розрахунки режимів різання повинні враховувати теплові процеси, забезпечуючи ефективне охолодження та управління

Призначення режимів різання на 015 Токарну операцію з ЧПК виконується у наступній послідовності. На операції використовується токарний напівавтомат з ЧПК АТМ220. Операційний ескіз зображено на рисунку 1.7

Перехід 2- точити деталь, витримуючи розміри 1, 2, 4,5 згідно ескізу по програмі.

Глибина різання t , мм розраховується за формулою (1.16):

$$t = \frac{h}{i} \quad (1.15)$$

де h - величина припуску на обробку, мм

i - кількість проходів інструменту.

$$t = \frac{4}{4} = 1 \text{ мм}$$

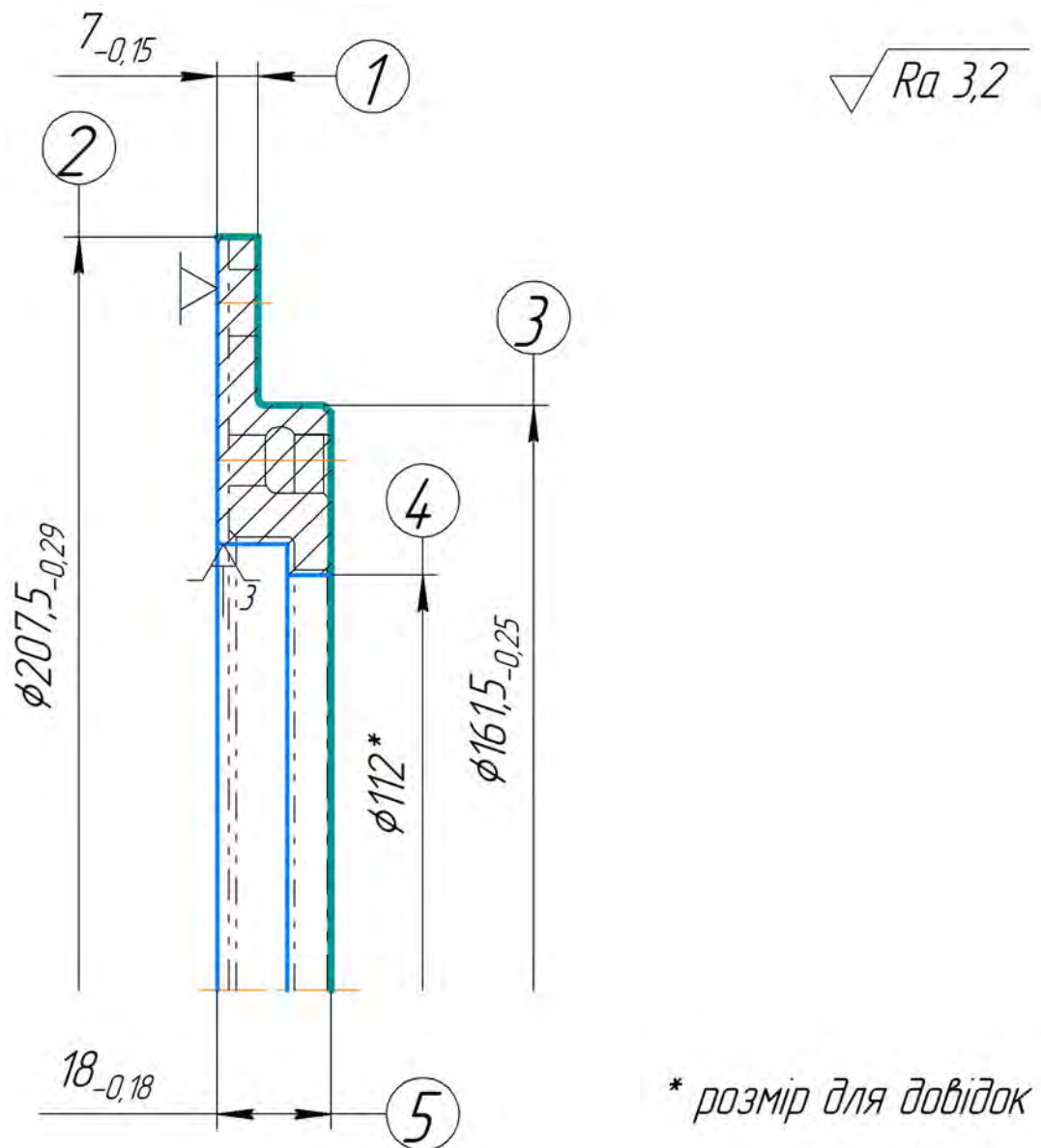


Рисунок 1.7 - Операційний ескіз на 015 Токарну операцію з ЧПК

Призначається подача S_o , мм/об [12,с.285]: $S_o=0,35$ мм/об.

Приймається табличне значення швидкості різання V_T , м/хв [8,с.62 карта 17] $V_T=25$ м/хв.

Приймаються поправочні коефіцієнти:

$K_{nv}=1,0$ – для обробки заготовки без поверхневої корки;

Розраховується швидкість різання V , м/хв за формулою (1.16):

$$V = V_T \cdot K_{nv} \quad (1.16)$$

$$V = 25 \cdot 1,0 = 25 \text{ м/хв}$$

Розраховується частота обертання шпинделя n , хв^{-1} за формулою (1.17):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 207,5} = 38,37 \text{ хв}^{-1}$$

Приймається дійсна частота обертання шпинделя n_d , хв^{-1} за паспортом верстату: $n_d = 40 \text{ хв}^{-1}$

Розраховується дійсне значення швидкості різання V_∂ , м/хв за формулою (1.18):

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000} \quad (1.18)$$

$$V_\partial = \frac{3,14 \cdot 207,5 \cdot 40}{1000} = 26,62 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача $S_{\text{хв}}$, мм/хв розраховується за формулою (1.19):

$$S_{\text{хв}} = S_o \cdot n_d \quad (1.19)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,35 \cdot 40 = 14 \text{ мм/хв}$$

Приймається дійсне значення хвилинної подачі $S_{\text{хв.д}}$, мм/хв . За паспортом верстату: $S_{\text{хв.д}} = 14 \text{ мм/хв}$.

Приймається потужність різання, $N_{\text{різ}}$, кВт [8, с.48, карта 7] $N_{\text{різ}} = 2,9 \text{ кВт}$.

Вибраний режим різання перевіряється на достатність потужності двигуна верстата за формулою (1.20):

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta, \quad (1.20)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна верстата, кВт: $N_{\text{дв}} = 35 \text{ кВт}$;

η – коефіцієнт корисної дії: $\eta = 0,85$.

$$2,9 \leq 35 \cdot 0,85$$

$$2,9 < 29,75$$

Розраховується довжина робочого ходу $L_{\text{рх}}$, мм за формулою (1.21):

$$L_{\text{рх}} = l_{\text{різ}} + y + \Delta, \quad (1.21)$$

де $l_{\text{різ}}$ – довжина різання, мм;

y – довжина врізання інструменту, мм;

Δ – довжина перебігу інструменту, мм.

$y+\Delta=3$ – для прохідних різців [8,с.369,додаток 4]

Розраховується основний час виконання переходу T_o , хв за формулою (1.22):

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{xв.0}}, \quad (1.22)$$

$$T_o = \frac{61,75}{14} \times 4 = 17,64 \text{ хв}$$

Далі надано розрахунок режимів різання для виконання свердлильної операції з ЧПК 090. Для виконання операції застосовують обробляючий центр НМС63. Розрахунок виконується у наступній послідовності.

$\sqrt{Ra\ 3,2}$

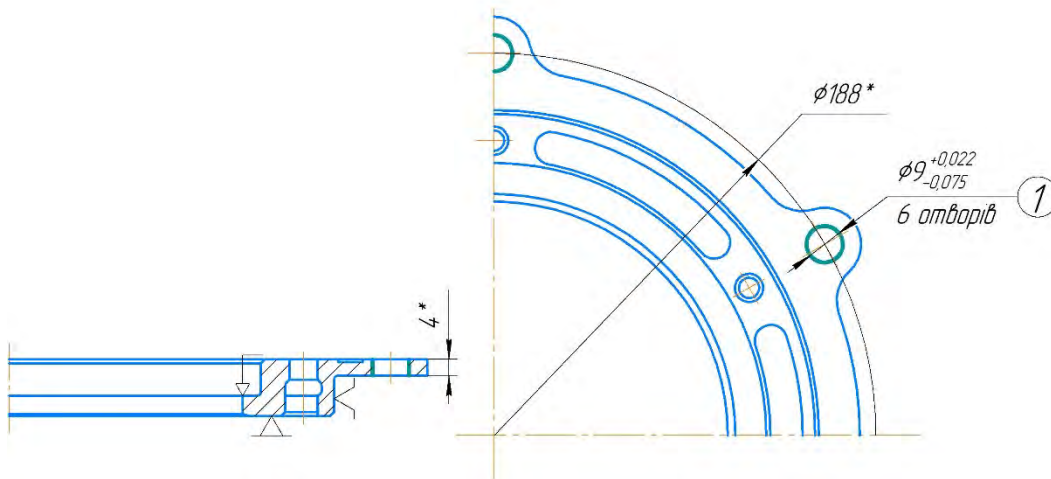


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз на операцію «Свердлильна з ЧПК»

Перший перехід свердлильний

Свердло Sandvik 460.1-1170-059A1-ХМ GC34. Матеріал ХМ GC34 [5]

Свердлити отвір витримуючи розмір $\varnothing 8,7$ згідно ескізу по програмі.

Довжина робочого ходу визначається за формулою (1.23):

$$Lp = 2 \cdot (l + y) \quad (1.23)$$

де l -довжина свердління $l=4\text{мм}$;

$y=0,6d_{\text{св}}$ –врізання, мм;

де $d_{\text{св}}$ -діаметр свердла, мм;

$$L_p = 2 \cdot (4 + 5,22) = 18,44\text{мм}$$

Глибина різання: $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{8,7}{2} = 4,35\text{мм}$.

Визначаємо подачу за формулою:

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,09 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_0 = 0,1 \text{ мм/об}$

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.24):

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\phi v} \times k_{\phi 1v} \times k_r \quad (1.24)$$

де k_{mv} – параметр, що враховує матеріал заготовки визначається за формулою (1.25):

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} \quad (1.25)$$

де k_r – параметр, що характеризує групу сталі. $k_r=0.8$ [4];

σ_b - тимчасовий опір розриву, МПа. $\sigma_b=1061\text{МПа}$;

n_v - показник степені, $n_v=1.0$ [4];

$$k_{mv} = 0.8 \times \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0.55$$

k_{nv} – параметр, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0.8$;

k_{uv} – параметр, що характеризує матеріал інструменту $k_{uv}=1.0$ [4];

$k_{\phi v}$, $k_{\phi 1v}$, k_{rv} , - параметри, що характеризують геометричні параметри інструменту $k_{\phi v}=1,0$, $k_{\phi 1v}=0,94$, $k_{rv}=1,03$ [4].

$$v_0 = 14,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \times 1,03 = 5,01\text{м/хв}$$

Частота обертання деталі визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \times 5,01}{3,14 \times 8,7} = 183,4,5 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=180$ об/хв.
Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 8,7 \times 180}{1000} = 4,92 \text{ м/хв}$$

Крутячий момент, визначається за формулою (1.26):

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.26)$$

$$C_M = 0,041; q = 2; y = 0,7 K_P = 1,04 [3];$$

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 8,7^2 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила, H визначається за формулою (1.27):

$$P_0 = 10 \times C_P \times D^q \times S^y \times K_P \quad (1.27)$$

$$C_P = 143; q=1; y=0,7; K_P=1,04 [3]$$

$$P_0 = 10 \times 87 \times 8,7^1 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 1751,2 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_3 = \frac{8 \times 60}{9750} = 0,05 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час визначається за формулою (1.28):

$$t_{O2} = \frac{l+l_1}{n \times S} \times i \quad (1.28)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l=4$ мм;

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1 = 3,5$ мм, [5];

i – кількість проходів, $i = 12$;

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв;

S – подання інструменту, мм/об;

$$t_{02} = \left(\frac{4 + 3,5}{180 \times 0,1} \right) \times 12 = 5_{\text{хв}}$$

Другий перехід зенкерування

Обираємо різальний інструмент, виходячи з умов обробки, враховуючи насамперед оброблюваний матеріал.

Ріжучий інструмент - Зенкер к/х 8,9 мм 160/70 мм Z=3 KM1 №2 P6M5

Визначаємо припуски на обробку:

$$t_1 = 0,2/2 = 0,1 \text{ мм};$$

По табл. 73, стор. 276 [8] визначаємо подачу на оборот: $S_{\text{табл}} = 1,25 \text{ мм/об}$

По табл. 73, стор. 277 [8] визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу:

$K_{sd} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує характер отвору;

$K_{sm} = 0,23$ - коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі;

Подача визначається за формулою (1.29):

$$\begin{aligned} S_{\text{розр}} &= S_{\text{табл}} \cdot K_{sd} \cdot K_{sm} \\ S_{\text{розр}} &= 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,23 = 0,1 \text{ мм/об} \end{aligned} \quad (1.29)$$

По табл. 84, стор. 283 [8] призначаємо швидкість різання

Для отвору $\varnothing 8,9$ $V_{\text{табл}} = 20 \text{ м/хв}$

По табл. 85, стор. 283 [8] визначаємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання:

$K_{vm} = 0,67$ - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу

$K_{vi} = 0,92$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

$K_{vii} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{vd} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує характер отвору;

$K_{vo} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;

Для отвору $\varnothing 8,9$ Швидкість розраховуємо за формулою (1.30):

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_{vm} \cdot K_{vi} \cdot K_{vii} \cdot K_{vd} \cdot K_{vo} \quad (1.30)$$

$$V = 20 \cdot 0,67 \cdot 0,92 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 12,33 \text{ м/хв}$$

Визначаємо число обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 12,33}{3,14 \cdot 8,9} = 441,2 \frac{\text{об}}{\text{хв}}; n_{\text{верст}} = 450 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Тоді фактична швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 8,9 \cdot 450}{1000} = 12,57 \text{ м/хв}$$

Обертаючий момент визначається за формулою (1.31):

$$M_{\text{кр}} = 10 C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.31)$$

Осьова сила різання за формулою (1.32):

$$P_o = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.32)$$

$K_p = 1,33$ по табл. 9, стор. 264 [6] – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі

По табл. 32, стор. 281 [6] визначаємо значення коефіцієнтів и показників ступеню в формулах обертаючого моменту та осьової сили різання

Для обертаючого моменту: $C_m = 0,106$; $q = 1,0$; $x = 0,9$; $y = 0,8$.

Для осьової сили різання:

$$C_p = 140; x = 1,2; y = 0,65.$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,106 \cdot 8,9^1 \cdot 0,1^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,33 = 0,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 140 \cdot 0,1^{1,2} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 1,33 = 51,36 \text{ Н}$$

Виконуємо перевірку за допустимою потужністю різання за формулою (1.33):

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} \quad (1.33)$$

$$N = \frac{0,26 \cdot 450}{9750} = 0,01 < 7 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ кВт}$$

Розрахуємо основний машинний час за формулою (1.28):

$$t_o = \frac{7,5}{0,1 \cdot 450} \times 12 = 2 \text{ хв}$$

Обираємо різальний інструмент, виходячи з умов обробки, враховуючи насамперед оброблюваний матеріал. Різучий інструмент – Розгортка Sandvik 435. В-1000-А1-ХF Н10F. Матеріал Н10F.

Визначаємо припуски на обробку: $t = 0,05/2 = 0,025 \text{ мм}$

Період стійкості $T = 40 \text{ хв}$ по табл. 20, стор. 229 [8]

По табл. 86, стор. 285 [5] визначаємо подачу на оборот: $S_{\text{табл}} = 0,5 \text{ мм/об}$

По табл. 86, стор. 285 [8] визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу:

$K_{sd} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує характер отвору;

$K_{sm1} = 0,37$ - коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі;

$K_{sm2} = 0,33$ - коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі;

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_{sd} \cdot K_{sm} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,33 = 0,17 \text{ мм/об};$$

По табл. 97, стор. 290 [8] призначаємо швидкість різання

Для отвору Ø9: $V_{\text{табл}} = 20,1 \text{ м/хв}$

По табл. 98, стор. 291 [8] визначаємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання:

$K_{vm} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{vi} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

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

$K_{vo} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;

Для отвору Ø9 швидкість різання визначаємо за формулою (1.34):

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_{vm} \cdot K_{vi} \cdot K_{vo} \cdot K_{vt} \quad (1.34)$$

$$V = 20,1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 16,1 \text{ м/хв}$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 16,1}{3,14 \cdot 9} = 569,7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}; \text{ нст} = 570 \text{ об/хв}$$

Фактична швидкість різання:

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 570}{1000} = 16,12 \text{ м/хв}$$

Обертаючий момент визначаємо за формулою (1.35):

$$M_{\text{кр}} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100}, \quad (1.35)$$

де z – число зубів розгортки, $z=6$

S_z – подача на зуб розгортки, $S_z=S/z=0,17/6=0,03$ мм/зуб

По табл. 22, стор. 273 [6] визначаємо значення коефіцієнтів та показників ступеня у формулі обертаючого моменту

$$C_p = 204; x = 1,0; y = 0,75.$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{84 \cdot 0,05^{1,0} \cdot 0,03^{0,75} \cdot 9 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 0,09 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Виконуємо перевірку за допустимою потужністю різання:

$$N = \frac{0,09 \cdot 570}{9750} = 0,01 < 7 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ кВт};$$

Розрахуємо основний машинний час за формулою (1.28):

$$t_o = \frac{4 + 2}{0,17 \cdot 570} \times 12 = 0,74 \text{ хв}$$

Час на свердлильну операцію в цілому:

$$T_o = 5 + 2 + 0,74 = 5,74 \text{ хв}$$

На кругло-шліфувальній операції №110 використовується кругло-шліфувальний верстат 3Б161. Режими різання розраховуються аналітичним методом у наступній послідовності:

Перехід 2 – шліфувати циліндричну поверхню та торець витримуючи розміри 1,2 згідно ескізу по програмі.

Частота обертання круга $n_{кр}$ об/хв вибирається по паспорту верстата $n_{кр}=2000$ об/хв.

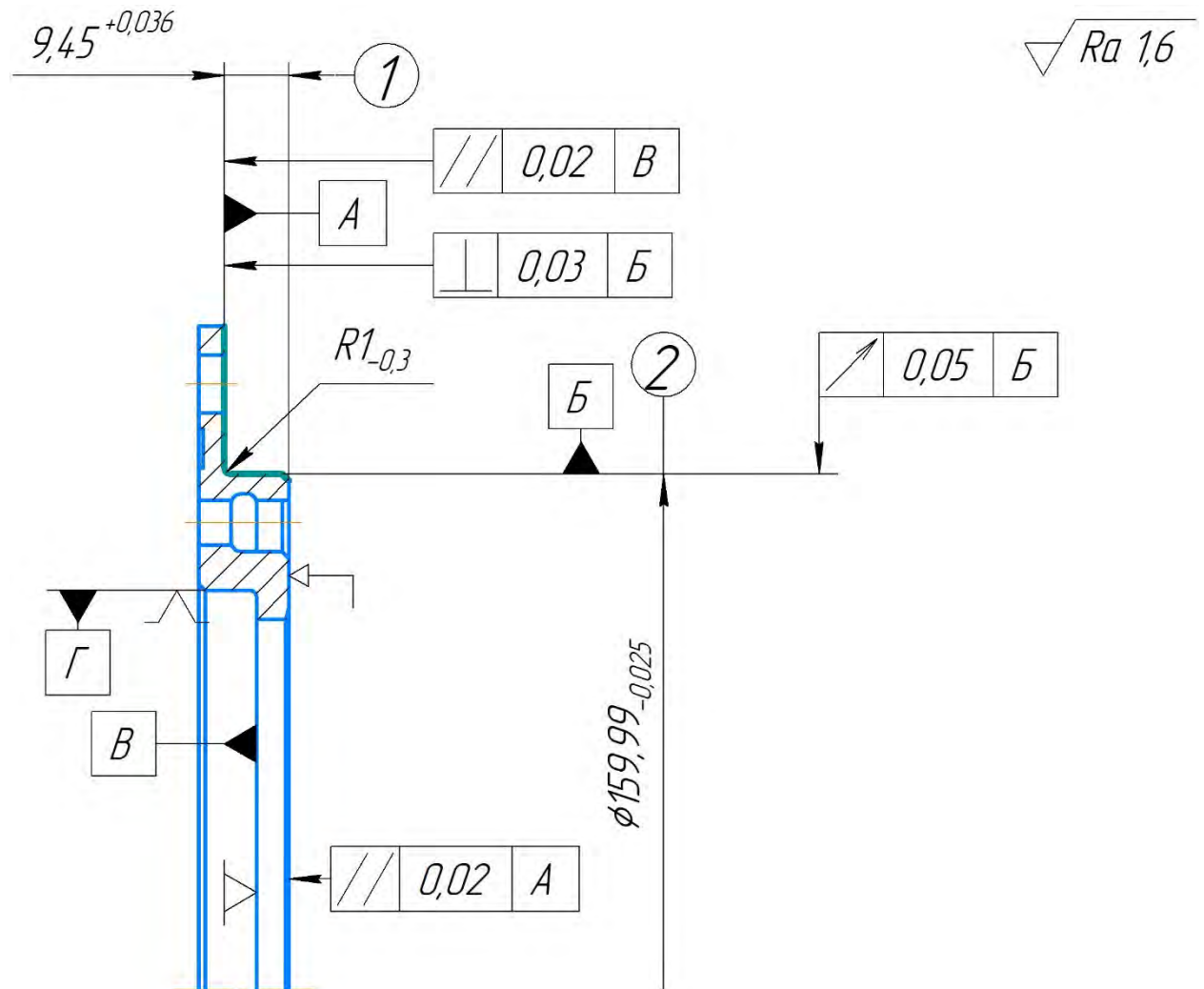


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз на шліфувальну операцію

Перевірка на розривну швидкість круга, $V_{кр}$, м/с за формулою (1.36):

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D_{кр} \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60} \leq V_{роз} \quad (1.36)$$

де $V_{роз}=35$ м/с

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 2000}{1000 \cdot 60} = 15,7 < 35$$

Умова виконується

Радіальна подача круга St мм/об призначається по таблиці 11 [6, с.35]
 $St=0,025$ мм/об.

Поздовжня подача $S_{поз}$ мм/об. призначається по таблиці 11 [6, с.35]
 $S_{поз}=9,6$ мм/об.

Дійсна радіальна подача St_d мм/об коригується по паспорту верстата
 $St_d=0,025$ мм/об.

Глибина різання t , мм за формулою (1.37):

$$\begin{aligned} t &= S_{td} \\ t &= 0,025 \end{aligned} \quad (1.37)$$

Швидкість різання V_i , м/хв розраховується по формулі (1.38):

$$V_i = \frac{C_v \cdot d^p}{T^m \cdot t^x} \quad (1.38)$$

де C_v – коефіцієнт, обирається по [6, с.36, табл.13];

m , x , p – показники степеню обираються по [6, с.36, табл.13];

T – стійкість круга, хв обирається [6, с.36, табл.12];

$C_v=0,055$; $m=0,5$; $x=1,2$; $p=0,3$;

$$V_i = \frac{0,055 \cdot 270^{0,3}}{15^{0,5} \cdot 0,025^{1,2}} = 6,92 \text{ м/хв}$$

Частота обертання деталі $n_{дет}$, об/хв розраховується по формулі (1.39):

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot V_i}{\pi \cdot D} \quad (1.39)$$

де V_i – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр деталі, мм;

π – постійна стала.

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot 6,92}{3,14 \cdot 160} = 13,77 \text{ об/хв}$$

Дійсна частота обертання деталі n_d , об/хв приймається з паспорту верстата $n_d=20$ об/хв.

Дійсна швидкість V_d , м/хв розраховується по формулі

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 20}{1000} = 10,05 \text{ м/хв}$$

Хвилинна поздовжня подача $S_{\text{хв.поз}}$ мм/хв розраховується по формулі (1.40):

$$\begin{aligned} S_{\text{хв.п}} &= S_{\text{поз}} \cdot n_d \\ S_{\text{хв.п}} &= 9,6 \cdot 20 = 192 \text{ мм/хв} \end{aligned} \quad (1.40)$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт розраховується по формулі (1.41):

$$N_{\text{різ}} = C_N \cdot V_d^x \cdot S_{\text{поз}}^y \cdot d^q \cdot t^z \quad (1.41)$$

де C_N – коефіцієнт, який вибирається по [6, с.38, табл.14];

q, x, z, y – дрібні показники степеню, які вибираються по [6, с.38, табл.14];

$C_N=2,2$; $q=0$; $x=0,5$; $z=0,5$, $y=0,55$;

$$N_{\text{різ}} = 2,2 \cdot 33,9^{0,5} \cdot 9,6^{0,55} \cdot 270^0 \cdot 0,025^{0,5} = 1,91 \text{ кВт}$$

Перевірка двигуна верстата на достатність потужності виконується із умови за формулою (1.41):

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta \quad (1.41)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигуна головного руху, кВт;

η – коефіцієнт корисної дії верстату;

$$\begin{aligned} N_{\text{дв}} &= 16; \eta = 0,85 \\ 1,91 &< 13,6 \end{aligned}$$

Основний машинний час T_o , хв розраховується по формулі

$$T_o = \frac{h}{n_{\text{дет.д}} \cdot t} \cdot K \cdot i \quad (1.42)$$

де h – припуск на бік, мм;

K – коефіцієнт точності, мм вибирається по [6, с.39, табл.15];

i – число переходів;

$$K=1,1;$$

$$T_o = \frac{11,2}{20 \cdot 0,025} \cdot 1,1 \cdot 1 = 22,4 \text{хв}$$

Результати розрахунку режимів різання на інші операції наводяться у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Зведена таблиця розрахунку режимів різання

N Опер.	Найменування операції	t, мм	S _o , мм/об	V _д , м/хв	п _д , об/хв	T _o , хв	
015	Токарна з ЧПК	1	0,35	26,62	40	1,76	
020	Токарна з ЧПК	1	0,2	55,12	90	2,22	
025	Токарна з ЧПК	0,5	0,1	81.5	130	5,3	
030	Токарна з ЧПК	0,5	0,1	14,01	25	10,47	
045	Шліфувальна	0,05	0,05	35/10,05	10/2000	5,1	
050	Токарна з ЧПК	0,5	0,2	87,44	240	1,12	
055	Токарна з ЧПК	0,2	0,1	16,7	50	0,8	
065	Шліфувальна	0,05	0,05	35/10,05	10/2000	4,65	
070	Шліфувальна	0,02	0,025	35/7,85	50/2000	1,1	
075	Токарна з ЧПК	0,1	0,1	146,01	250	2,2	
080	Токарна з ЧПК	0,1	0,1	20,72	15	1,71	
085	Фрезерна з ЧПК	10	0,12мм/зуб	17,27	500	8,45	
090	Свердлильна з ЧПК	1	4,35	0,1	4,92	180	5
		2	0,1	0,1	12,57	450	2
		3	0,025	0,17	16,12	570	0,74
095	Шліфувальна	0,02	0,025	35/7,85	50/2000	1,1	
100	Шліфувальна	0,025	0,025	35/10,05	20/1800	22,4	
115	Різьбонарізна	1	0,12	12,01	450	2,04	

Були проведені розрахунки режимів різання для деталі "кришка". Враховуючи особливості авіаційних деталей, такі як вимоги до якості, міцності та безпеки, було виконано розрахунки, спрямовані на досягнення оптимальних режимів різання.

Розрахунок режимів різання для деталі "кришка" включав аналіз властивостей матеріалу, геометрії деталі, вимог до точності та обмежень теплових процесів. Матеріал кришки, є високоміцним сплавом, що вимагає спеціального підходу до різання та врахування їх властивостей.

Розрахунок режимів різання враховував обмеження теплових процесів, оскільки неправильне управління теплом може негативно вплинути на якість та міцність кришки. Забезпечення ефективного охолодження та контролю теплових процесів було включено в розрахунки для запобігання можливим деформаціям та дефектам.

В результаті розрахунку режимів різання для деталі "кришка" було досягнуто оптимальних параметрів різання, які забезпечують відповідність вимогам до якості, міцності та безпеки авіаційних деталей. Це дозволить забезпечити якісну та надійну виготовлення деталей кришки для авіаційної індустрії.

1.7 Технічне нормування операцій

Виконаємо нормування на операцію 015 Токарна.

Основний технологічний час на операцію було розраховано в попередньому пункті. $\sum T_o = 1,76 \text{ хв}$

Вибирається час встановлення та закріплення деталі $T_{\text{вст.зн.}}$, хв. встановлення по контуру не оброблювальної поверхні вага деталі до 100 кг.[9, с.85] $T_{\text{вст.зн}} = 0,28 \text{ хв}$.

Визначається час на вимірювання $T_{\text{вим}} = 0,38 \text{ хв}$ – час на вимірювання штангенциркулем, точність 0,01, вимірюваний розмір до 200, довжина вимірювання до 100 [9, с. 207];

$$\sum T_{\text{вим}} = 0,38 \cdot 3 = 1,14 \text{ хв}$$

Час на контрольні вимірювання $T_{\text{контр}}$, хв, розраховується по формулі (1.43)

$K=1,2$ – для точіння 3 клас точності вимірюваний розмір до 650, робота інструмента встановленим на розмір [9, с.200]

$$T_{\text{контр}} = \Sigma T_{\text{вим}} \cdot K \quad (1.43)$$

$$T_{\text{контр}} = 1,14 \cdot 1,2 = 1,36 \text{хв}$$

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$, хв розраховується по формулі (1.44)

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{вст.зн}} + T_{\text{мв}} \quad (1.44)$$

де $T_{\text{мв}}$ – час, пов'язаний з виконанням і переміщенням під час обробки розраховується по формулі (1.44):

$$T_{\text{мв}} = T_{\text{мв1}} + T_{\text{мв2}} + T_{\text{мв3}} \quad (1.45)$$

де $T_{\text{мв1}} = 0,03$ – час на прискорене переміщення інструмента [10, с.605];

$T_{\text{мв2}} = 0,10$ – установочний час [10, с.605];

$T_{\text{мв3}} = 0,04$ – час установочний в зоні різання [10, с.605];

$T_{\text{мв4}} = 0,02$ – час на поворот револьверної головки [10, с.605]

$$T_{\text{мв}} = (0,03 \cdot 10) + (0,10 \cdot 5) + (0,04 \cdot 5) + (0,02 \cdot 2) = 1,04 \text{хв}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,28 + 1,04 = 1,32 \text{хв}$$

Оперативний час $T_{\text{оп}}$, хв. розраховується

$$T_{\text{о}} = 1,76 + 1,32 = 3,08 \text{хв}$$

Час на обслуговування робочого місця, та час на відпочинок і особисті потреби $T_{\text{обс.п}}$, хв. вибирається по [10, с.607] та розраховується за формулою (1.46):

$$T_{\text{обс.п}} = 10\% \cdot T_{\text{о}} \quad (1.46)$$

$$T_{\text{обс.п}} = 0,10 \cdot 3,08 = 0,31 \text{хв}$$

Додатковий час $T_{\text{дод}}$, хв. $T_{\text{дод}} = T_{\text{обс.п}}$

$$T_{\text{дод}} = 0,31 \text{хв}$$

Штучний час $T_{шт}$, хв. розраховується по формулі (1.47):

$$T_{шт} = T_{on} + T_{ood} \quad (1.47)$$

$$T_{шт} = 3,08 + 0,31 = 3,39 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $T_{пз}$, хв, $T_{пз1}=12$ [10, с.605]; $T_{пз2}=19$ – час на встановлення інструментів [10, с.606]; час на отримання креслення та інструменту, ознайомлення з кресленням, на здачу інструмента та креслення, [10, с.610];

$$T_{пз} = 12 + 19 = 31 \text{ хв}$$

Штучно – калькуляційний час $T_{шк}$, хв розраховується по формулі (1.48):

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1.48)$$

де a – періодичність запуску партії деталей;

N – програма випуску; $N = 40$;

$$T_{шк} = 3,39 + \frac{31}{40} = 4,17 \text{ хв}$$

Виконаємо нормування на операцію 090 Свердлильна з ЧПК.

Основний технологічний час на операцію було розраховано в попередньому пункті. $\sum T_o = 7,74 \text{ хв}$

Вибирається час встановлення та закріплення деталі $T_{вст.зн.}$, хв. встановлення по контуру не оброблювальної поверхні вага деталі до 100 кг. [9, с.85] $T_{вст.зн} = 0,28 \text{ хв}$.

Визначається час на вимірювання $T_{вим}=0,38 \text{ хв}$ – час на вимірювання штангенциркулем, точність 0,01, вимірюваний розмір до 200, довжина вимірювання до 100 [9, с. 207];

$$\sum T_{вим} = 0,38 \cdot 3 = 1,14 \text{ хв}$$

Час на контрольні вимірювання $T_{контр}$, хв, розраховується по формулі (1.43)

$K=1,2$ – для точіння 3 клас точності вимірюваний розмір до 650, робота інструмента встановленим на розмір [9, с.200]

$$T_{\text{контр}} = 1,14 \cdot 1,2 = 1,36 \text{ хв}$$

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$, хв розраховується по формулі (1.44)

$T_{\text{мв}}$ – час, пов'язаний з виконанням і переміщенням під час обробки розраховується по формулі (1.44):

$T_{\text{мв1}} = 0,03$ – час на прискорене переміщення інструмента [10, с.605];

$T_{\text{мв2}} = 0,10$ – установочний час [10, с.605];

$T_{\text{мв3}} = 0,04$ – час установочний в зоні різання [10, с.605];

$T_{\text{мв4}} = 0,02$ – час на поворот револьверної головки [10, с.605]

$$T_{\text{мв}} = (0,03 \cdot 10) + (0,10 \cdot 5) + (0,04 \cdot 5) + (0,02 \cdot 2) = 1,04 \text{ хв}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,28 + 1,04 = 1,32 \text{ хв}$$

Оперативний час $T_{\text{оп}}$, хв.:

$$T_o = 7,74 + 1,32 = 9,06 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця, та час на відпочинок і особисті потреби $T_{\text{обс.п}}$, хв. вибирається по [10, с.607] та розраховується за формулою (1.46):

$$T_{\text{обс.п}} = 0,10 \cdot 9,06 = 0,91 \text{ хв}$$

Додатковий час $T_{\text{дод}}$, хв. $T_{\text{дод}} = T_{\text{обс.п}}$

$$T_{\text{дод}} = 0,91 \text{ хв}$$

Штучний час $T_{\text{шт}}$, хв. розраховується по формулі (1.47):

$$T_{\text{шт}} = 9,06 + 0,91 + 0,91 = 10,88 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $T_{\text{пз}}$, хв, $T_{\text{пз1}} = 12$ [10, с.605]; $T_{\text{пз2}} = 19$ – час на встановлення інструментів [10, с.606]; час на отримання креслення та

інструменту, ознайомлення з кресленням, на здачу інструмента та креслення, [10, с.610];

$$T_{пз} = 12 + 19 = 31 \text{ хв}$$

Штучно – калькуляційний час $T_{шк}$, хв розраховується по формулі (1.48):

$$T_{шк} = 10,88 + \frac{31}{40} = 11,66 \text{ хв}$$

Виконаємо нормування на операцію 100 Шліфувальна.

Основний технологічний час на операцію було розраховано в попередньому пункті. $\sum T_o = 22,4 \text{ хв}$

Вибирається час встановлення та закріплення деталі $T_{вст.зн.}$, хв. встановлення по контуру не оброблювальної поверхні вага деталі до 100 кг. [9, с.85] $T_{вст.зн} = 0,28 \text{ хв}$.

Визначається час на вимірювання $T_{вим} = 0,38 \text{ хв}$ – час на вимірювання штангенциркулем, точність 0,01, вимірюваний розмір до 200, довжина вимірювання до 100 [9, с. 207];

$$\sum T_{вим} = 0,38 \cdot 3 = 1,14 \text{ хв}$$

Час на контрольні вимірювання $T_{контр}$, хв, розраховується по формулі (1.43)

$K=1,2$ – для точіння 3 клас точності вимірюваний розмір до 650, робота інструмента встановленим на розмір [9, с.200]

$$T_{контр} = 1,14 \cdot 1,2 = 1,36 \text{ хв}$$

Допоміжний час $T_{доп}$, хв розраховується по формулі (1.44)

$T_{мв}$ – час, пов'язаний з виконанням і переміщенням під час обробки розраховується по формулі (1.44):

$T_{мв1} = 0,03$ – час на прискорене переміщення інструмента [10, с.605];

$T_{мв2} = 0,10$ – установочний час [10, с.605];

$T_{мв3} = 0,04$ – час установочний в зоні різання [10, с.605];

$T_{мв4} = 0,02$ – час на поворот револьверної головки [10, с.605]

$$T_{\text{мв}} = (0,03 \cdot 10) + (0,10 \cdot 5) + (0,04 \cdot 5) + (0,02 \cdot 2) = 1,04 \text{хв}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,28 + 1,04 = 1,32 \text{хв}$$

Оперативний час $T_{\text{оп}}$, хв. розраховується

$$T_{\text{о}} = 22,4 + 1,32 = 23,72 \text{хв}$$

Час на обслуговування робочого місця, та час на відпочинок і особисті потреби $T_{\text{обс.п}}$, хв. вибирається по [10, с.607] та розраховується за формулою (1.46):

$$T_{\text{обс.п}} = 0,10 \cdot 23,72 = 2,37 \text{хв}$$

Додатковий час $T_{\text{дод}}$, хв. $T_{\text{дод}} = T_{\text{обс.п}}$

$$T_{\text{дод}} = 2,37 \text{хв}$$

Штучний час $T_{\text{шт}}$, хв. розраховується по формулі (1.47):

$$T_{\text{шт}} = 23,72 + 2,37 = 26,1 \text{хв}$$

Підготовчо-заключний час $T_{\text{пз}}$, хв, $T_{\text{пз1}}=12$ [10, с.605]; $T_{\text{пз2}}=19$ – час на встановлення інструментів[10, с.606]; час на отримання креслення та інструменту, ознайомлення з кресленням, на здачу інструмента та креслення, [10, с.610];

$$T_{\text{пз}} = 12 + 19 = 31 \text{хв}$$

Штучно – калькуляційний час $T_{\text{шк}}$, хв розраховується по формулі (1.48):

$$T_{\text{шк}} = 26,1 + \frac{31}{40} = 26,87 \text{хв}$$

Таблиця 1.5 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_0	t_B	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-3}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	1,76	1,32	3,08	0,31	0,31	31	4,17
020	Токарна з ЧПК	2,22	1,66	3,88	0,39	0,39	18	5,11
025	Токарна з ЧПК	5,3	2,13	7,43	0,74	0,74	18	9,36
030	Токарна з ЧПК	10,47	1,33	11,8	1,2	1,2	18	14,65
045	Шліфувальна	5,1	2,7	7,8	0,78	0,78	18	9,81
050	Токарна з ЧПК	1,12	0,33	1,45	0,14	0,14	18	2,18
055	Токарна з ЧПК	0,8	0,31	1,11	0,11	0,11	14	1,68
065	Шліфувальна	4,65	1,31	5,96	0,6	0,6	15	7,54
070	Шліфувальна	1,1	0,52	1,62	0,16	0,16	15	2,32
075	Токарна з ЧПК	2,2	1,26	3,46	0,35	0,35	18	4,61
080	Токарна з ЧПК	1,71	0,96	2,67	0,27	0,27	14	3,56
085	Фрезерна з ЧПК	8,45	1,26	9,71	0,97	0,97	20	12,15
090	Свердлильна з ЧПК	7,74	1,32	9,06	0,91	0,91	31	11,66
095	Шліфувальна	1,1	0,33	1,43	0,14	0,14	18	2,16
100	Шліфувальна	22,4	1,32	23,72	1,18	1,18	31	26,87
115	Різьбонарізна	2,04	1,25	3,29	0,33	0,33	18	4,4

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Розробка керуючої програми для операцій з ЧПК (числово-програмованого керування) є складним процесом, який вимагає знань з програмування та розуміння принципів роботи ЧПК. Процедура розробки керуючої програми на операцію з ЧПК відбувається в наступній послідовності:

- Визначення завдання: Спочатку необхідно чітко визначити вимоги до керуючої програми. Це включає визначення операцій, які потрібно виконати, параметри обробки, вимоги до точності та швидкості, а також взаємодію зі зовнішніми пристроями.
- Вибір мови програмування: Виберіть мову програмування, яка підтримується вашим ЧПК. Це може бути мова, така як G-код або M-код, або

спеціалізована мова програмування для ЧПК, як Fanuc FAPT або Siemens Step 7.

- Створення програми: Розроблення керуючої програми, використовуючи вибрану мову програмування. Програма повинна включати послідовність команд для керування рухом осей, взаємодії зі зчитувачами та датчиками, обробки даних і керування зовнішніми пристроями.
- Відладка і тестування: Перевірка програми на відповідність вимогам та усунення будь-яких проблем, які виникають під час тестування. Важливо переконатися, що програма працює належним чином перед її використанням на реальному обладнанні.
- Впровадження: Завантаження керуючої програми на ЧПК за допомогою відповідних інтерфейсів. Перевірка, що обладнання правильно реагує на програму та виконує вимоги.

Операція виконується на обробляючому центрі НМС63. Для розробки керуючої програми будемо використовувати програмне забезпечення Siemens NX. Операційний ескіз показано на рисунку 1.10.

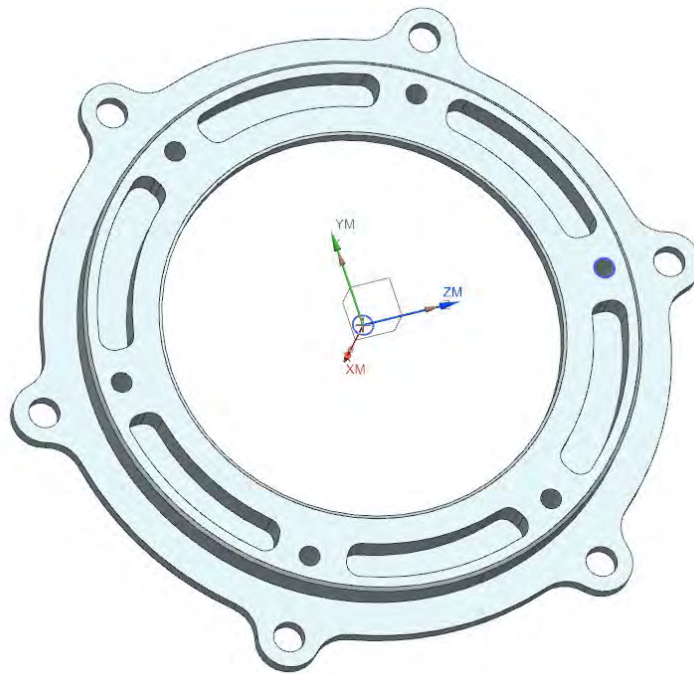


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки на свердлильну операцію з ЧПК

На рисунку 1.11 показано розташування інструменту відносно поверхні обробки.

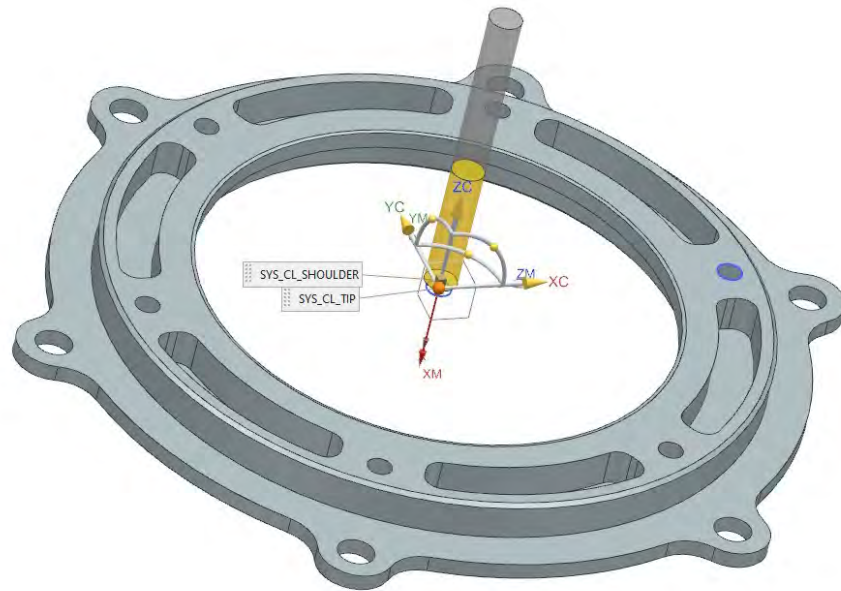


Рисунок 1.11 – Візуалізація налаштування інструменту

На рисунку 1.12 показана траєкторія обробки та програма в G-кодах.

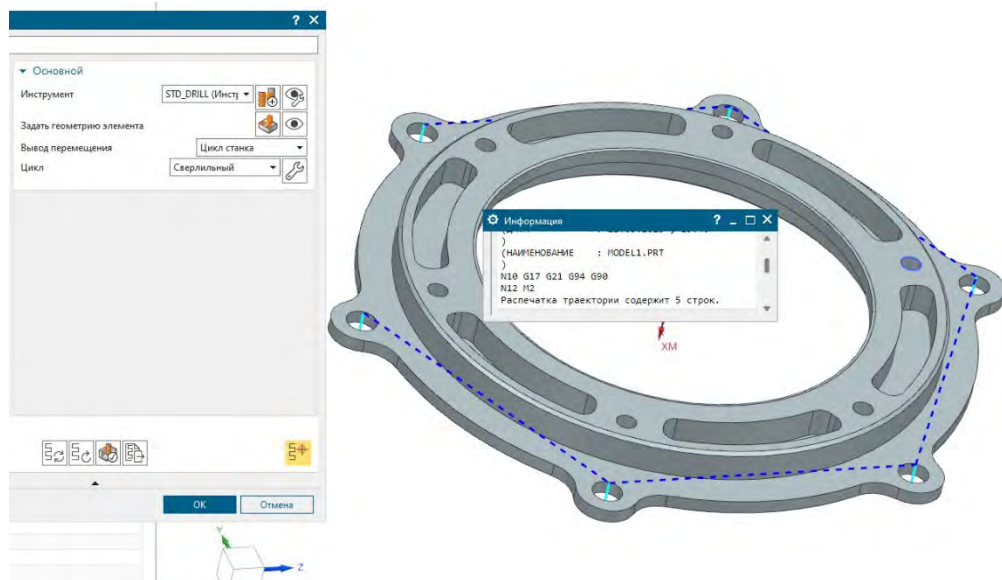


Рисунок 1.12 – Траєкторія та програма обробки в G-кодах

Зображення на інших операція обробки з використанням ЧПК показано у графічному матеріалі.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Фрезерне пристосування - це пристрій, який використовується для фрезерування матеріалів з використанням верстатів або ЧПК фрезерного обладнання. Особливості фрезерного пристосування повинні включати наступне:

Фрезерне пристосування використовується разом з верстатами або ЧПК фрезерними станками. Ці обладнання надають рухомість і точність необхідну для фрезерування матеріалів.

Фрезерне пристосування включає в себе різноманітні фрезерні інструменти, які використовуються для видалення матеріалу. Інструменти можуть бути різних форм і розмірів залежно від потреб і вимог фрезерного процесу.

Фрезерне пристосування може включати затискачі та кріпильні пристрої для надійного закріплення оброблюваних деталей або робочих заготовок. Це дозволяє уникнути небажаних рухів або вібрацій під час фрезерування.

Фрезерне пристосування дозволяє налаштовувати режими фрезерування, такі як швидкість різання, подача і глибина різання. Це дозволяє досягати оптимальних результатів обробки залежно від матеріалу і вимог.

Для використання фрезерного пристосування з ЧПК необхідна керуюча програма, яка вказує верстату або ЧПК станку, які операції фрезерування виконувати, як керувати рухами осей та іншими параметрами.

При роботі з фрезерним пристосуванням необхідно дотримуватись правил безпеки. Це включає використання захисного спорядження, такого як окуляри для захисту очей, маски для обличчя, рукавиць і відповідного одягу. Крім того, необхідно виконувати правильні процедури запуску, вимкнення та обслуговування фрезерного пристосування.

Фрезерне пристосування потребує регулярного обслуговування та догляду, щоб забезпечити його надійну роботу і тривалий термін служби. Це може включати очищення від стружки та пилю, змащення рухомих частин, перевірку і заміну інструментів, а також періодичну перевірку точності та калібрування.

Робота з фрезерним пристосуванням вимагає наявності навичок та досвіду. Важливо отримати відповідне навчання з безпеки та використання фрезерного обладнання, а також набратись практичного досвіду, щоб ефективно виконувати фрезерні операції та вирішувати можливі проблеми.

Фрезерне пристосування є важливим інструментом у виробничих процесах, де необхідне фрезерування матеріалів. Розуміння особливостей фрезерного пристосування та правильне його використання можуть покращити продуктивність, якість та безпеку фрезерного процесу.

Під час виготовлення деталі кришка за базовим технологічним процесом використовується пристосування з ручним затиском, що є не ефективним в умовах багатосерійного виробництва, тому була виконана механізація пристосування. У якості засобу механізації обрано використання пневоциліндру для затиску.

Під час виконання завдання було обрано пристосування для фрезерування контуру. Зовнішній вигляд пристосування показано на рисунку 2.1.

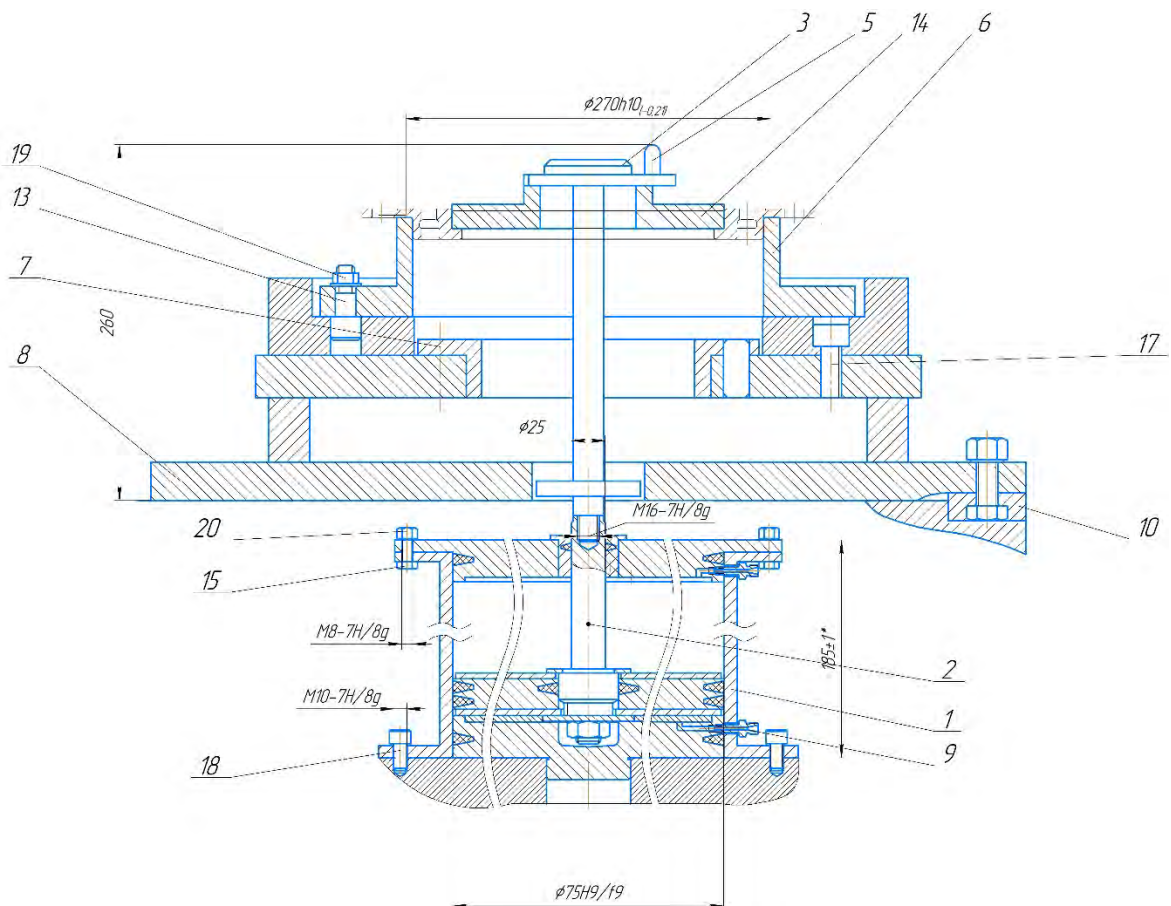


Рисунок 2.1 – Схема фрезерного пристосування

Принцип дії пристосування. Деталь, яка буде оброблятися, встановлюється по циліндричній поверхні кільця 5. Під час закріплення за допомоги пневмоциліндру, який розташовано в столі верстату через вісь та спеціальний упор тисне на внутрішню циліндричну поверхню і відбувається закріплення. Розкріплення відбувається аналогічно, але у зворотній послідовності.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Оскільки виконується обробка за контуром поверхні тіла обертання, похибка базування і похибка закріплення будуть скалярними величинами, що лежать на одній прямій, і формула визначення похибки установки ε матиме вигляд:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{зак} \quad (2.1)$$

де ε_{δ} – похибка базування деталі у пристосуванні,

ε_z – похибка закріплення деталі у пристосуванні.

Похибкою базування називається різниця граничних відстаней вимірювальної бази щодо встановленого на розмір інструменту. Похибка базування має місце в разі не суміщення вимірювальної та установчої баз заготовки. У цьому разі положення вимірювальних баз окремих заготовок у партії буде різним щодо оброблюваної поверхні.

Як похибка положення, похибка базування впливає на точність виконання розмірів, на точність взаємного положення поверхонь і не впливає на точність їхніх форм. Для зменшення похибки базування слід поєднувати настановні та вимірювальні бази, вибирати раціональні розміри і розташування настановних елементів, а також усувати або зменшувати зазори під час посадки заготовки на охоплювальні або охоплюючі настановні елементи. Для уніфікації схем установки за всіма операціями технологічного процесу обробки даної деталі слід витримувати також принцип сталості баз, що має велике значення під час обробки на автоматичних лініях.

Похибка базування на розмір $\varnothing 160$ розраховується за формулою (2.2):

$$\varepsilon_{\bar{o}} = S_{\max 1} = d_{\max n} - d_{\min o} \quad (2.2)$$

де, $d_{\max n}$ – максимальний діаметр базової поверхні дорівнює $\varnothing 159,986$ мм;
 $d_{\min n}$ – мінімальний діаметр поверхні, кільця - $\varnothing 159,88$ мм.

Тоді похибка базування буде:

$$\varepsilon_{\bar{o}} = S_{\max 1} = 159,986 - 159,88 = 0,106 \text{ мм}$$

Так як розмір який регламентує обробку не співпадає з напрямком дії сили затиску, то похибка закріплення буде дорівнювати нулю.

В результаті похибка установки:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\bar{o}} + \varepsilon_{зак} = 0,106 + 0 = 0,106 \text{ мм}$$

Операція виконується на фрезерному верстаті. Точність обробки залежить від точності позиціонування ріжучого інструменту відносно поверхні обробки, наявності люфтів у механічних передачах верстату.

Робоче пристосування має центральний базовий отвір $\varnothing 124$ мм (рисунок 2.2).

Розрахунок на точність пристосування зводиться до визначення допуску на палець, за яким пристосування встановлюється на робочому столі верстата, забезпечуючи позиційний допуск відхилення осі розміру $\varnothing 124$ щодо пальця $\varnothing 20$.

Для визначення допуску на палець, за яким пристосування встановлюється на робочому столі пристосування, визначимо $T_{обр}$ - позиційний допуск у діаметральному вираженні дорівнює 0,12 мм.

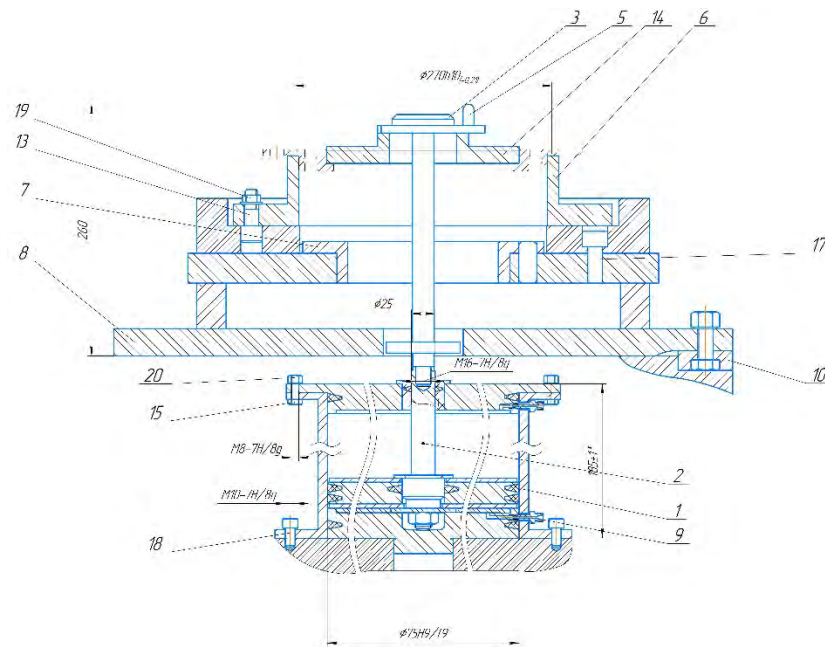


Рисунок 2.2 – Схема для розрахунку на точність пристосування

Необхідно перевірити умову забезпечення точності проєктуемого пристосування:

$$S_{\max} \leq T_d - k \sqrt{(k_1 \times \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3 + (k_2 \times \omega)^2} \quad (2.3)$$

$\varepsilon_3 = 0$ тому що напрямок сили затиску перпендикулярне розрахунковому розміру.

$\omega = 0,07$ мм - середня економічна точність обробки на цю операцію. У зв'язку з недостатністю довідникових даних співвідносимо середню економічну точність обробки до середньої економічної точності обробки у пристосуванні, (10. таб. 5.3, стр. 64).

$$k_1 = 0,8;$$

$$k_2 = 0,65;$$

$$k_p = 1,0;$$

Тоді

$$S_{\max} \leq 0,25 - 1 \sqrt{(0,8 \times 0,106)^2 + 0 + (0,65 \times 0,07)^2} = 0,154 \text{ мм}$$

Зважаючи на отримані значення, можна брати досить грубу посадку, але оскільки передбачається обробка в цьому пристосуванні і більш точних

деталей, приймаємо посадку H7/g6 між пальцем пристосування і отвором робочого столу верстата.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.

Визначення необхідної сили затиску та вибір приводу для конкретної задачі залежить від кількох факторів, таких як тип оброблюваного матеріалу, розмір та форма заготовки, потрібна точність та сила затиску, доступні ресурси та бюджет.

Для визначення необхідної сили затиску потрібно враховувати вимоги до обробки, зокрема необхідну жорсткість та стабільність заготовки під час процесу. Це може бути визначено на основі знань про властивості матеріалу, типу операцій та розмірів заготовки. Загальним підходом є врахування відношення міцності матеріалу та типу операцій, щоб забезпечити відповідну силу затиску.

Вибір приводу здійснювали на основі визначеної сили затиску та вимог до швидкості та точності. Різні типи приводів, такі як гідромеханічні, пневматичні або електричні, мають свої переваги та обмеження. Наприклад, гідромеханічні приводи забезпечують високу силу, але можуть мати меншу точність, тоді як електричні приводи можуть бути більш точними, але з меншою силою. Вибір приводу повинен бути зроблений на основі компромісу між силовими вимогами, точністю та бюджетом.

На відміну від звичайних випадків розрахунку сил закріплення, коли застосовується принцип не передачі сил різання на затискні пристрої, конструкція пристосування передбачає розподіл сил закріплення заготовки між опорною і затискною поверхнею пристосування.

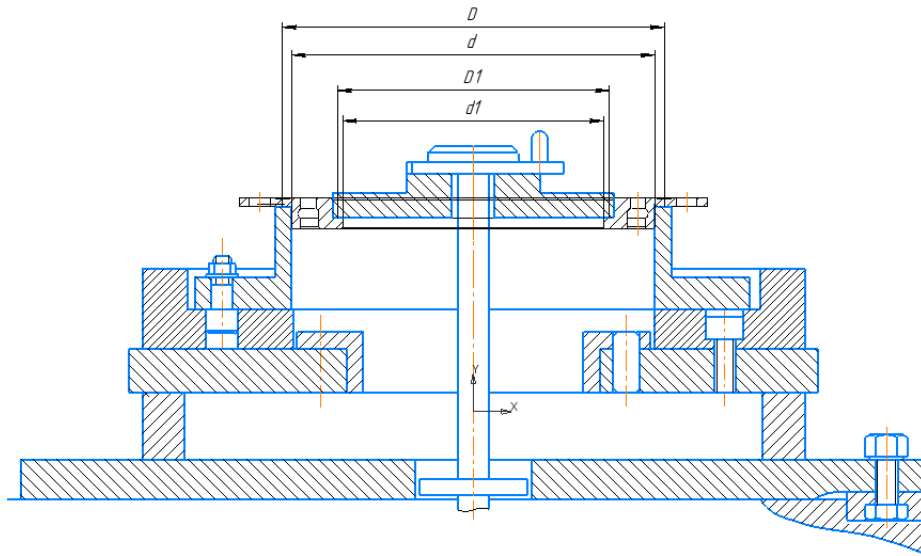


Рисунок 2.3 – Схема для визначення сили затиску

Необхідно вивести формулу для визначення зусилля затиску. Формуло виводиться виходячи з умови рівноваги.

$$\begin{aligned}
 k \times \sum My &= \sum Mz \\
 \sum Mz &= Pz \times R \\
 k \times Pz \times R &= f \times W \times \frac{D^3 - d^3}{3 \times (D^2 - d^2)}
 \end{aligned}$$

Виходячи, з умови рівноваги, розрахунок необхідного зусилля затиску розраховуємо за формулою (2.4):

$$W = \frac{k \times Py \times R \times 3 \times (D^2 - d^2)}{f \times (D^3 - d^3)} \quad (2.4)$$

де D,d – зовнішній та внутрішній опорні діаметри деталі, D=136мм, d=97мм;

f – коефіцієнт тертя, f=0,16;

k – коефіцієнт запасу закріплення:

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_6 \quad (2.5)$$

k₀ – гарантований коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки k₀=1,85, [6, с.117 т11];

k₁ - враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність допусків на заготовлі k₁=1,2, [6, с.117 т11];

k_2 - коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту, $k_2=1,7$, [6, с.117 т11];

k_3 - коефіцієнт, що враховує переривчасте фрезерування $k_3=1,0$ [6, с.117 т11];

k_4 - характеризує затискний пристрій з погляду сталості затиску $k_4=1,0$ [6, с.117 т11];

k_5 - коефіцієнт, який враховують у разі ручних пристосувань;

k_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку, встановлену плоскою поверхнею на постійні опори $k_6=1,0$, [6, с.117 т11];

$$k = 1,85 \times 1,2 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 5,66$$

P – сила різання $P=1000$ Н;

$$W = \frac{5,66 \times 1000 \times 0,03 \times 3 \times (0,132^2 - 0,114^2)}{0,16 \times (0,132^3 - 0,114^3)} = 31,837 \text{ Кн}$$

Діаметр пневматичного циліндру розраховується за формулою (2.6):

$$D = \sqrt{\frac{4 \times W}{\pi \times \rho \times \eta_{nc}}} \quad (2.6)$$

де η_{nc} – ККД пневмоциліндру $\eta_{nc} = 0,9$; $P_{жидк} = 8$ МПа

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 31837}{3,14 \times 80 \times 10^5 \times 0,9}} = 0,075 \text{ м}$$

З стандартного ряду приймаємо $D = 75$ мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування.

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Це контрольне пристосування (рисунок 2.4) призначене для перевірки площинності.

Деталь, що перевіряється, встановлюють на основу 3, на якій вона центрується пальцем 4. Биття перевіряють індикаторним годинником 9, яка гвинтом 7 через втулку 8 закріплюється на стійці основи 12. Індикаторний

годинник 9 встановлений на рухомій планці 11, що монтується на стійці основи 12. Робоче положення планки регулюється гвинтом і гайкою.

За цієї схеми базування похибка базування дорівнює максимальному зазору між внутрішньою поверхнею деталі та зовнішньою пальця. У цьому разі деталь сідає на легкоконусну оправку з натягом. Зазор відсутній і, отже, похибка базування дорівнює нулю. Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки деталь сідає на оправку з натягом.

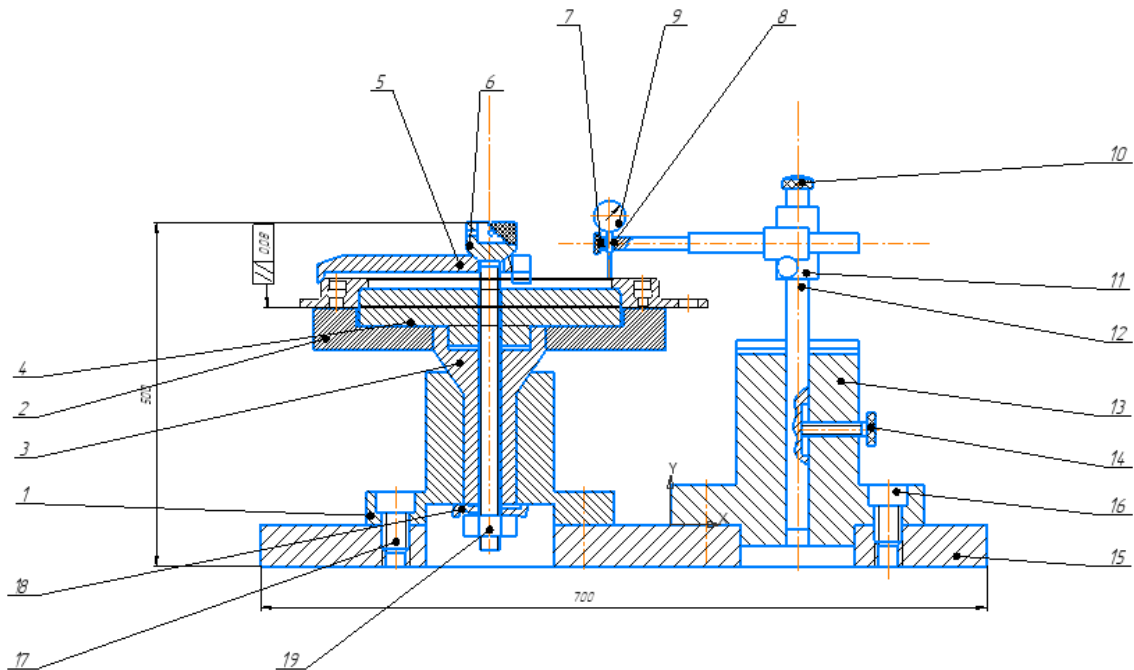


Рисунок 2.4 – Схема контрольного пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі.

При розрахунку на міцність деталі, було враховано кілька факторів, включаючи матеріал деталі, її геометрію та умови навантаження. Нижче наведено загальний опис процесу розрахунку на міцність деталі:

Міцність матеріалу є ключовим фактором, який впливає на міцність деталі. Були використані відповідні значення механічних властивостей матеріалу, такі як межа міцності, модуль пружності та коефіцієнт Пуассона.

Була визначена геометрія деталі, такі як довжина, ширина, діаметр, товщина тощо. Ці параметри потрібні для подальшого розрахунку.

Встановлені, які сили, навантаження або діючі навколишні умови впливають на деталь. Визначено значення сили або моменту, що діє на деталь.

Залежно від умов навантаження та геометрії деталі, використана відповідна теорія міцності, таку як теорія пружності, теорія пластичності або теорія тріщиностійкості. Ці теорії дозволяють визначити напруження або напруженість в матеріалі деталі.

За допомогою вибраної теорії міцності розраховано напруження в деталі.

Важливо пам'ятати, що розрахунок на міцність деталі є складним процесом і може вимагати спеціалізованого знання та програмного забезпечення для точних результатів. Тому для розрахунку було використано спеціальне програмне забезпечення SIEMENS SIMULATION.

На рисунку 2.5 показано тривимірну модель деталі. При побудові тривимірної моделі деталі «Кришка» необхідно слідкувати за тим щоб модель не вийшла пустотілою, що ї було враховано при побудові.

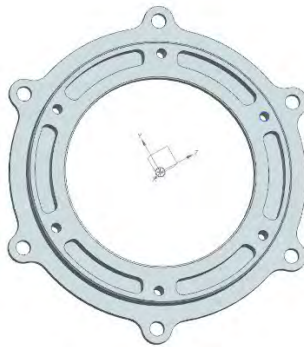


Рисунок 2.5 – Тривимірна модель деталі кришка

На рисунку 2.6 показано розбивка деталі кришка на сітку скінченних елементів.

Вихідні данні для розрахунку: вирішувач – Simcenter Nastran; тип аналізу – структурний; тип вирішувача – SOL 101 Linear Static.

Параметри сітки: вид сітки – тетраедральная; тип сітки – CTETRA; розмір елемента – 1 мм.

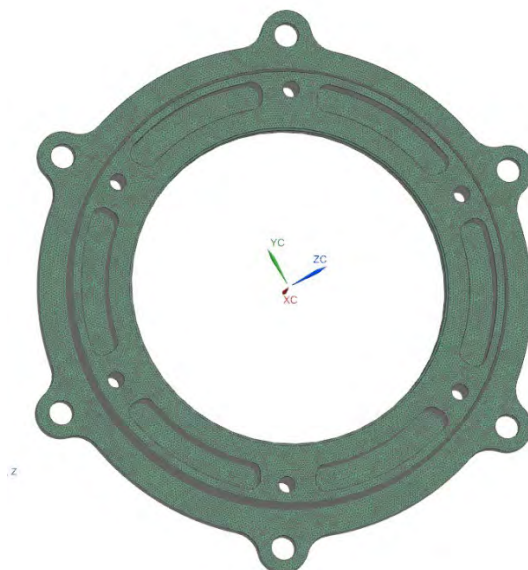


Рисунок 2.6 – Розбивка сіткою скінченних елементів

На рисунку 2.7 показано схема прикладених обмежень та навантажень. Закріплення відбувається по внутрішній циліндричній поверхні, а навантаження по отворах на торці.

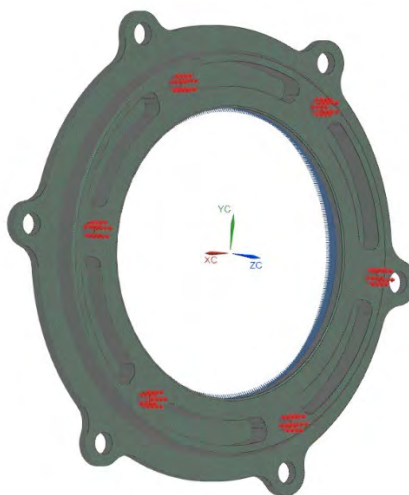


Рисунок 2.7 – Схема прикладених обмежень та навантажень

Результат розрахунку на міцність показано на рисунку 2.8.

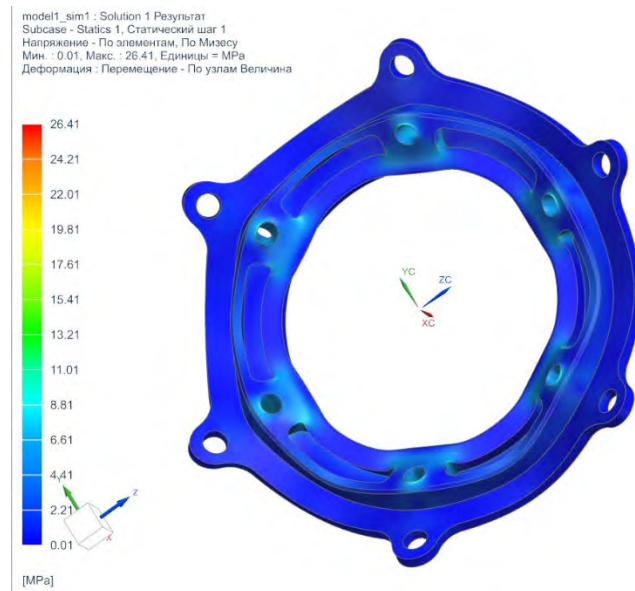


Рисунок 2.8 – Результат розрахунку на міцність деталі кришка

Аналіз деталі на міцність дозволив оцінити, наскільки вона витримає зовнішні навантаження і яким буде її зруйнування при певних умовах. Зробивши відповідний аналіз, можна зробити висновки щодо міцності деталі і прийняти рішення щодо її використання. Під час аналізу деталі на міцність використовували різні методи, включаючи аналітичні розрахунки, чисельне моделювання і експериментальні випробування. Завдяки цим методам було визначено фактори, які можуть впливати на міцність деталі, такі як напруження, деформація, температура, знос і корозія. В результаті розрахунку можна зробити висновок, що найбільш навантаженим конструктивним елементом деталі кришка будуть отвори розташовані на торцевій поверхні. Але навантаження при яких вона працює на призводять до її руйнування. При збільшенні навантажень необхідно використати один із методів зміцнення для підвищення міцності у місцях концентрації напружень.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Орієнтуючись на задану програму випуску, попередньо призначаємо тип виробництва - багатосерійне зі змінно-поточною формою організації робіт (див. п. 1.2).

На дільниці буде оброблятися група деталей кришок:

Усі вихідні та розрахункові дані наведено в таблиці 3.1.

Потім необхідно остаточно встановити тип і форму організації виробництва. Для цього потрібно розрахувати необхідну кількість верстатів для обробки деталей групи "кришка", визначити коефіцієнт завантаження обладнання і середній коефіцієнт завантаження, а також визначити коефіцієнт закріплення операції.

Розрахуємо річну верстатомісткість за кожним видом робіт за такою формулою:

$$t_{u-\kappa_j} = \sum_{j=1} t_{u-\kappa_j} \cdot N_j \quad (3.1)$$

де: $t_{u-\kappa_i}$ - штучно – калькуляційний час обробки однієї деталі на поточній операції;

N_j - річна програма випуску.

Розрахунки для інших операцій виконуються відповідно.

Розрахунок необхідної кількості верстатів для кожної операції виконується за формулою (3.2):

$$C_{pi} = \frac{t_{u-\kappa_i} \cdot N}{F_{эф} \cdot 60} \quad (3.2)$$

де i – номер технологічної операції або вид механічної обробки;

N – річна програма випуску, $N=5000$ шт;

$F_{эф}$ – ефективний фонд роботи, $F_{эф}=4015$ ч;

Коефіцієнт завантаження верстату визначається за формулою (3.3):

$$K_3 = \frac{C_{pi}}{C_{пп_i}} \quad (3.3)$$

де $C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість обладнання на поточній операції.

Аналогічно визначаємо показники для інших операцій. Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.1.

Середній коефіцієнт завантаження визначаємо за формулою (3.4):

$$\overline{K_3} = \frac{\sum C_p}{\sum C_{\text{пр}}} \quad (3.4)$$
$$\overline{K_3} = \frac{9,65}{18} = 0,54$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання та його завантаження

Результати розрахунків	Вихідні данні																
	Група деталей	Річна програма випуску N, шт	Номер операції, i														
			15	20	25	30	45	50	55	65	70	75	80	85	90	95	100
			Модель станка														
			ATM220	ATM220	ATM220	ATM220	3Б740	ATM220	ATM220	3Б740	S14	ATM220	ATM220	HMC63	HMC63	S14	3Б161
			Верстатомісткість (штучно-калькуляційний час), хв														
	Кришка	5000	4,17	5,11	9,36	14,65	9,81	2,18	1,68	7,54	2,32	4,61	3,56	12,15	11,66	2,16	26,87
	Кришка сателітів	5000	6,3	11,3	9,7	9,8	8,6	7,7	11,3	13,7	4,1	9,3	13,2	7,5	10	2,2	4,9
	Кришка датчику	5000	6,4	6,7	12,8	16	10,7	2,2	20,5	10,5	3	10,0	18,1	2,1	3,3	4,3	1,4-
	Корпус	5000	3,8	23,85	3,42	9,68	21,11	3,44	10,98	11,13	9,83	6,68	4,61	13,9	10,84	14,46	19,41
$\sum_{j=1} t_{ш-к_j} \cdot N_j$			103350	234800	176400	250650	251100	77600	222300	215200	96250	152950	197350	178250	179000	115600	262900
C_{Pi}			0,43	0,97	0,73	1,04	1,04	0,32	0,92	0,89	0,39	0,63	0,82	0,74	0,74	0,48	1,09
$C_{ППi}$			1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
K_{3i}			0,43	0,97	0,73	0,52	0,52	0,32	0,92	0,89	0,39	0,63	0,82	0,74	0,74	0,48	0,55

Розрахуємо кількість детале-операцій, які виконуються на даній дільниці:

$$O=18 \times 4 + 2 = 74 \text{ детале - операції.}$$

$$\text{Кількість робочих місць } M = \sum S_n = 18.$$

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою (3.5):

$$K_{zo} = \frac{O}{M} = \frac{74}{18} = 4,11 \quad (3.5)$$

Так як, $K_{zo}=4,11 < 10$, то тип виробництва приймаємо багатосерійне, а форму організації виробництва на лінії обробки кришок – змінно-поточну.

При виготовленні деталі кришка використовується достатньо ефективне верстатне обладнання. Виходячи з партії виготовлення та умов виробництва його заміна є нерациональним.

4. ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі кришка з метою покращення точності обробки та надійності затиску деталей при фрезерній обробці було виконана механізація технологічного оснащення. Замість ручного пристосування використане механізоване з пневматичним затиском.

Один з кроків у підготовці виробництва - це забезпечення технологічних операцій необхідним обладнанням. На кожному етапі підготовки виробництва потрібне обладнання різного рівня механізації, яке відповідає вимогам до жорсткості, точності тощо. Використання складних спеціальних пристроїв покращує продуктивність праці, але при малому річному випуску деталей таке обладнання може бути економічно недоцільним: вартість операції не зменшується, а навпаки, зростає.

Оцінка економічної ефективності використання пристосувань базується на порівнянні затрат та економії, які виникають при їх застосуванні протягом року. Затрати включають амортизацію пристосувань та витрати на їх утримання та експлуатацію. Економія досягається за рахунок зменшення трудомісткості виготовлення деталей. Пристосування вважається рентабельним, якщо річна економія, отримана внаслідок їх застосування, перевищує пов'язані з ними річні витрати.

Собівартість використання нового пристосування розраховано за формулою 4.1 [12]:

$$C_a = Z_a \times \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} \times \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (4.1)$$

Собівартість використання старого пристосування розраховано за формулою 4.2 [12]:

$$C_b = Z_b \times \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} \times \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (4.2)$$

де Z_a , Z_b – заробітна плата робітника за одну деталь відповідно для нового та старого пристосування, грн;

H - цехові накладні витрати у % до заробітної плати;

S_a, S_b – витрати на виготовлення відповідно нового та старого пристосувань, грн;

P – річна програма випуску деталей, шт;

A – строк амортизації пристосування в роках;

q – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) у % від їх вартості.

Витрати на виготовлення нового пристосування визначимо за спрощеною методикою за формулою 4.3 [12]:

$$S = C_{\Pi} \times N \quad (4.3)$$

де S – витрати на виготовлення пристосування, грн.

N – кількість деталей в пристосуванні, шт;

C_{Π} – затрати на одну деталь пристосування, грн;

Виходячи з того, що нове і базове пристосування є нескладними за формою $C_{\Pi}=15$ грн [12].

$$S_{\text{стар}} = 15 \times 25 = 375 \text{ грн}$$

$$S_{\text{нов}} = 15 \times 30 = 450 \text{ грн}$$

Підрахування заробітної плати робітника виконуємо за формулою (4.4) [12]:

$$Z = t_{\text{шт}} * Z_{\text{хв}} \quad (4.4)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час на операції, $t_{\text{шт}}=12,15$ хв;

$Z_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника, виходячи з того, що робота виконується за 4 розрядом то $Z_{\text{хв}}=57,5$ грн

$$Z_{\text{стар}} = 12,15 * \frac{57,5}{60} = 11,64 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{нов}} = 12,15 * \frac{57,5}{60} = 11,64 \text{ грн}$$

Використовуючи методичні вказівки з розрахунку економічної ефективності та враховуючи, що і базове і нове пристосування відносяться до простих пристосувань приймаємо термін амортизації 1 рік [12].

Річні витрати q пов'язані з експлуатацією пристосування приймаємо у розмірі 20% від його вартості S [12]. В результаті маємо $q_{\text{стар.}}=75\text{грн}$; $q_{\text{нов.}}=90\text{грн}$

Відсоток цехових накладних витрат H визначається з відношення загальної суми цехових накладних витрат на рік до загальної суми річної основної заробітної плати виробничих робітників цеху (зазвичай $H=200\ldots300\%$) [12].

Розрахуємо собівартості за кожним із варіантів за формулами 4.1 та 4.2:

$$C_{\text{стар}} = 15,21 \times \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{375}{5000} \times \left(\frac{1}{1} + \frac{75}{100}\right) = 53,36\text{грн}$$

$$C_{\text{нов}} = 11,64 \times \left(1 + \frac{250}{100}\right) + \frac{450}{5000} \times \left(\frac{1}{1} + \frac{90}{100}\right) = 40,91\text{грн}$$

Розрахуємо економічний ефект від застосування нового пристосування за формулою (4.5) [12]:

$$E_{\text{еф}} = (C_{\text{стар}} - C_{\text{нов}}) \times N \quad (4.5)$$

$$E_{\text{еф}} = (53,36 - 40,91) \times 5000 = 62250\text{грн}$$

Для визначення більш вигідного пристосування, скористуємося формулою (4.6):

$$P_k = \frac{(S_{\text{нов}} - S_{\text{стар}}) \times \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(3_{\text{стар}} + 3_{\text{нов}}) \times \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.6)$$

$$P_k = \frac{(450 - 375) \times \left(\frac{1}{1} + \frac{90}{100}\right)}{(15,21 + 11,65) \times \left(1 + \frac{250}{100}\right)} = 11,43\text{дет.}$$

Отриманий результат розрахунку при якому $P=5000 > P_k=11,43$ вказує, що застосування механізованого пристрою є економічно доцільним.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У сфері виробництва деталей, особливо там, де застосовуються складні процеси виготовлення, безпека та охорона праці є надзвичайно важливими аспектами. Одним із ключових елементів цього питання є покращення заходів з охорони праці на дільниці виготовлення деталі "кришка". У цьому тексті будуть розглянуті деякі проблеми, які можуть виникати на цій дільниці, а також запропоновані покращення для забезпечення безпеки та зменшення ризиків для працівників.

Аналіз потенційних небезпек: Першим кроком у покращенні заходів з охорони праці є аналіз потенційних небезпек, пов'язаних з виготовленням деталі "кришка". Це можуть бути такі ризики, як висока температура, пил та випари, шум, ризик отруєння, небезпека порізів або удару тощо [13].

Встановлення заходів безпеки: Після ідентифікації потенційних небезпек необхідно встановити відповідні заходи безпеки. Це можуть бути використання спеціального захисного обладнання, наприклад, респіраторів, захисних окулярів, використання шумозахисних навушників, проведення регулярних медичних оглядів та навчання працівників правилам безпеки.

Покращення системи вентиляції: Один із способів зменшити ризик від випарів та пилу - це покращити систему вентиляції на дільниці. Встановлення ефективної системи вентиляції, що забезпечує забір та очищення повітря, може зменшити небезпечні речовини, які можуть бути вихлопними під час процесу виготовлення кришки. Крім того, необхідно періодично перевіряти та очищувати систему вентиляції, щоб забезпечити її ефективну роботу [13].

Використання автоматизованих систем: Впровадження автоматизованих систем у процес виготовлення деталі "кришка" може допомогти знизити ризик виникнення небезпечних ситуацій. Наприклад, автоматичні машини можуть виконувати складні операції замість працівників, що знижує їх вплив на небезпеку та ризик отримання травм [13].

Навчання та свідомість працівників: Освіта та навчання працівників щодо правил безпеки є невід'ємною частиною поліпшення заходів з охорони праці. Проведення регулярних навчальних курсів, нагадування про правила використання захисного спорядження та свідоме ставлення до безпеки можуть значно знизити ризик травм та нещасних випадків на дільниці.

Проведення аудиту та оцінка ризиків: Регулярний аудит та оцінка ризиків на дільниці виготовлення деталі "кришка" є важливими кроками для

постійного покращення заходів з охорони праці. Під час аудиту необхідно виявляти потенційні небезпеки, а також оцінювати ефективність існуючих заходів безпеки та необхідність їх покращення [13].

Заохочення культури безпеки: Встановлення культури безпеки на робочому місці є важливим аспектом покращення заходів з охорони праці. Заохочення працівників до активного дотримання правил безпеки, визнання їхніх зусиль та нагородження за безаварійну роботу може стимулювати дотримання правил безпеки та залучення до процесу покращення заходів з охорони праці.

Постійне вдосконалення: Покращення заходів з охорони праці на ділянці виготовлення деталі "кришка" є процесом, що ніколи не закінчується. Важливо встановити систему постійного моніторингу, оцінки та вдосконалення, щоб забезпечити безпеку та ефективність заходів на високому рівні [13].

Загальним підсумком, покращення заходів з охорони праці на ділянці виготовлення деталі "кришка" включає ідентифікацію потенційних небезпек, встановлення заходів безпеки, використання автоматизованих систем, навчання працівників, проведення аудиту та оцінки ризиків, заохочення культури безпеки та постійне вдосконалення. Ці заходи сприятимуть забезпеченню безпеки працівників та зменшенню ризику нещасних випадків на робочому місці [13].

Одним із найшкідливіших місць на ділянці є місце розташування шліфувальних верстатів. Серед основних заходів покращення умов праці є покращення системи вентилявання.

Покращення системи вентиляції біля шліфувального верстату може значно покращити умови роботи та забезпечити безпеку працівників. Нижче подано кілька пропозицій щодо покращення системи вентиляції:

Встановлення витяжної системи: Важливо встановити витяжну систему поряд з шліфувальним верстатом. Ця система буде забирати пил та стружки, які утворюються під час шліфування, та відводити їх у безпечне місце, де вони не становитимуть небезпеку для працівників. Важливо, щоб витяжна система була потужною і ефективною для забезпечення відведення всього забрудненого повітря [13].

Використання фільтрів: Встановлення в системі витяжки спеціальних фільтрів допоможе затримувати тверді частинки пилу та стружки перед випуском повітря назовні. Це покращить якість повітря в робочому середовищі та запобіжить забрудненню навколишнього середовища.

Розташування вентиляційних отворів: Важливо розташувати вентиляційні отвори біля вихлопних джерел пилу та стружки. Наприклад, їх можна розмістити непрямо над верстатом або біля місця, де формується найбільше пилу. Це дозволить збирати забруднене повітря найефективніше та запобігати його розповсюдженню по робочому простору.

Регулярне очищення та обслуговування: Необхідно регулярно очищати та обслуговувати систему вентиляції, щоб забезпечити її ефективну роботу. Це включає чищення та заміни фільтрів, перевірку роботи вентиляторів, а також видалення будь-яких перешкод, які можуть заважати нормальному функціонуванню системи вентиляції [13].

Використання додаткових засобів контролю пилу: Крім системи витяжки, можна використовувати додаткові засоби контролю пилу, такі як пилозбірні пристрої або мокре шліфування. Пилозбірні пристрої можуть вбирати пил безпосередньо біля шліфувального верстата, а мокре шліфування зменшує утворення пилу шляхом змочування поверхні, що оброблюється.

Навчання працівників: Важливо навчати працівників правильному використанню системи вентиляції, а також усвідомленню ризиків, пов'язаних з впливом пилу та стружки на здоров'я. Працівники повинні бути ознайомлені з процедурами безпечної роботи, включаючи правильне використання захисного спорядження, перерви для відпочинку та наведення ладу з обладнанням [13].

Моніторинг якості повітря: Регулярний моніторинг якості повітря на ділянці, де знаходиться шліфувальний верстат, допоможе виявити будь-які аномалії або перевищення норм пилу та інших забруднюючих речовин. Це дозволить оперативно приймати заходи для усунення проблем та покращення системи вентиляції.

Покращення системи вентиляції біля шліфувального верстату вимагає систематичного підходу та співпраці між керівництвом, спеціалістами з охорони праці та самими працівниками [13].

ВИСНОВКИ

У рамках дипломного проекту було проведено комплексне вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі кришка на верстатах з ЧПК. Це включало об'єднання операцій, використання сучасного продуктивного обладнання та оснастки. Ці заходи сприяли покращенню продуктивності та ефективності виготовлення кришки.

Проведений аналіз економічних ризиків виробництва дозволив визначити фактори, що можуть негативно впливати на вартість та якість виготовлення кришки. Це дало змогу прийняти відповідні заходи з мінімізації ризиків та забезпечення стабільного виробництва.

Розрахунки режимів різання та норм часу були проведені з метою оптимізації процесу виготовлення деталі кришка. Це дозволило встановити оптимальні параметри різання, що забезпечили високу якість деталі та ефективне використання робочого часу.

Використання операції з ЧПК у процесі виготовлення кришки дозволило досягти високої точності та якості деталі. Це зменшило відхилення та скоротило час виготовлення, що позитивно позначилося на загальній продуктивності виробництва.

Розроблено робоче та запропоновано контрольне пристосування для забезпечення якості та контролю процесу виготовлення кришки. Ці пристосування дозволяють ефективно виконувати операції та забезпечувати відповідність вироблених деталей технічним вимогам.

Проведено дослідження міцностних характеристик деталі, що дозволило встановити її відповідність вимогам щодо міцності. Результати досліджень підтвердили, що кришка відповідає необхідним стандартам та може витримувати необхідні навантаження та умови експлуатації.

Виконано розрахунок організаційних питань, таких як кількість технологічного обладнання та робітників на дільниці. Це дозволило оптимізувати розстановку ресурсів та розрахувати необхідну кількість персоналу для ефективного функціонування дільниці виготовлення валу.

Приділено особливу увагу безпеці роботи персоналу. Були запропоновані та впроваджені заходи щодо забезпечення безпечного робочого середовища, включаючи навчання працівників правилам безпеки, використання захисного спорядження та системи вентиляції.

В цілому, дипломний проект бакалавра щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення валу на багатоцільовому верстаті з ЧПК був успішно завершений. Запропоновані заходи та розроблені рішення сприятимуть підвищенню продуктивності, якості та безпеки виробництва. Отримані результати можуть бути використані в реальних виробничих умовах для покращення процесу виготовлення кришки та досягнення більш ефективного функціонування підприємства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Базовий технологічний процес виготовлення деталей «КРИШКА»
2. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
3. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
4. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
5. <https://www.sandvik.coromant.com/ru>
6. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
7. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
9. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
10. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
11. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
12. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с
13. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз’яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

[illegible]

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ

Зав. каф. ТМБ, доц.

_____ Дядя С.І.

_____ дата

АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

КРИШКА
НУЗП 713441.005

Розробив
Ст. гр. Мз-110сп

Керівник,
старш. викл.

Нормоконтролер

Супрун

Є.В. Вишнепольський

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 1				
Дубл.																		
Взам.																		
Підп.																		
										НУЗП 0214.1.23005		5		1				
Розроб.	Супрун						НУЗП		НУЗП 71344.1.005			Мз-110сп.10231.000001						
Перевір.	Вишнепольський																	
Н. контр.	Дядя						Кришка											
М 01	Сталь 12Х2Н4А-Ш ГОСТ 4543 - 71																	
М 02	Код		ЕВ	МД	ОН	Н. расх.	КВМ	Код заготовки		Профіль та розміри			КД	МЗ				
	к2		1,15	1	1	0,4	поковка		φ216×18			1	2,87					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції			Позначення документа										
Б				Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт.
А 03				005	3170 Штамповка			ЮП №1										
Б 04	38 2100 Прес механічний							2	13229	5	2	1	1	1	40	1	10	
05																		
А 06				010	5000 Термічна			ЮП №6										
Б 07	34 4240 Електропіч							2	1900	5	2	1	1	1	40	1	5	
08																		
А 09				015	4233Токарна з ЧПК			ЮП №2										
Б 10	38 1021 Токарний з ЧПК АТМ 220							2	19149	5	1	1	20	1	40	1	31	4,17
11																		
А 12				020	4233Токарна з ЧПК			ЮП №2										
Б 13	38 1021 Токарний з ЧПК АТМ 220							2	19149	5	1	1	20	1	40	1	18	5,11
14																		
А 15				025	4233Токарна з ЧПК			ЮП №2										
Б 16	38 1021 Токарний з ЧПК АТМ 220							2	19149	5	1	1	20	1	40	1	18	9,36
МК																		

														ГОСТ 3.1118-82				Форма 18			
Дубл.																					
Взам.																					
Підп.																					
														НУЗП 0214.1.23005				3			
														НУЗП71344.1.005				Мз-110сп.1014.1.000001			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа											
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт					
К/М	Найменування деталі, сд. одиниці або матеріала					Позначення, код					ОПП	ЕВ	ОН	КІ	Красх.						
А 01				060	0108 Слюсарна					ЮП №8											
Б 02	52 5186 Верстак					2	18466	5	1	1	1	1	40	1	5						
03																					
А 04				065	0210 Контрольна					ЮП №3											
Б 05	52 5186 Верстак					2	13063	5	1	1	1	1	40	1	10						
06																					
А 07				070	4195 Притиральна					ЮП №4											
Б 08	38 1837 Притиральна установка					2	16800	6	1	1	1	1	40	1	10						
09																					
А 10				075	4132 Шліфувальна					ЮП №10											
Б 11	38 1312 Плоско-шліфувальний 3Б740					2	19630	6	1	1	1	1	40	1	15	7,54					
12																					
А 13				080	4132 Шліфувальна					ЮП №10											
Б 14	38 1312 Внутрішліфувальний S14					2	19630	6	1	1	1	1	40	1	15	2.32					
15																					
А 16				085	4233Токарна з ЧПК					ЮП №2											
Б 17	38 1021 Токарний з ЧПК АТМ 220					2	19149	5	1	1	20	1	40	1	18	4.61					
МК																					

												ГОСТ 3.1118-82				Форма 18			
Додл.																			
Взам.																			
Підп.																			
												НЧЗП 0214.1.23005				4			
												НЧЗП 71344.1.005				Мз-110сп.1014.1.000001			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції				Позначення документа										
Б					Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт
К/М					Найменування деталі, сд. одиниці або матеріала				Позначення, код					ОПП	ЕВ	ОН	КІ	Красх.	
А 01				090	4233Токарна з ЧПК				ЮП №2										
Б 02	38 1021 Токарний з ЧПК АТМ 220				2	19149	5	1	1	20	1	40	1	14	3.56				
03																			
А 04				095	4234 Фрезерна з ЧПК				ЮП №9										
Б 05	38 1024 Оброблюючий центр ЧПК НМС63				2	19479	5	1	1	1	1	40	1	20	12,15				
06																			
А 07				100	4234 Свердлильна з ЧПК				ЮП №9										
Б 08	38 1024 Оброблюючий центр ЧПК НМС63				2	19479	5	1	1	1	1	40	1	31	11,66				
09																			
А 10				105	4132 Шліфувальна				ЮП №10										
Б 11	38 1312 Внутрішшліфувальний S14				2	19630	6	1	1	1	1	40	1	18	2.16				
12																			
А 13				110	4132 Шліфувальна				ЮП №10										
Б 14	38 1312 Кругло-шліфувальний ЗБ740				2	19630	6	1	1	1	1	40	1	31	26,87				
15																			
А 16				115	0210 Контрольна				ЮП №3										
Б 17	52 5186 Верстак				2	13063	5	1	1	1	1	40	1	10					
МК																			

										ГОСТ 3.1118-82		Форма 10			
Дубл.															
Взам.															
Підп.															
											НУЗП0214.1.23005		5		
										НУЗП 71344.1.005			Мз-110сп.1014.1.000001		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції			Позначення документа							
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тлз	Тшт
К/М	Найменування деталі, сд. одиниці або матеріала				Позначення, код					ОПП	ЕВ	ОН	КІ	Красх.	
А 01				120	0108 Слюсарна			ЮП №8							
Б 02	52 5186 Верстак				2	18466	5	1	1	1	1	40	1	5	
03															
А 04				125	4 122 Різьбонарізна			ЮП №8							
Б 05	XXXXXX Спеціальна установка				2	19149	5	1	1	1	1	40	1	18	4,4
06															
А 07				130	0108 Слюсарна			ЮП №8							
Б 08	52 5186 Верстак				2	18466	5	1	1	1	1	40	1	5	
09															
А 10				135	0180 Маркування			ЮП №6							
Б 11	52 5186 Верстак				2	13460	4	1	1	1	1	40	1	10	
12															
А 13															
Б 14															
15															
А 16															
Б 17															
МК															

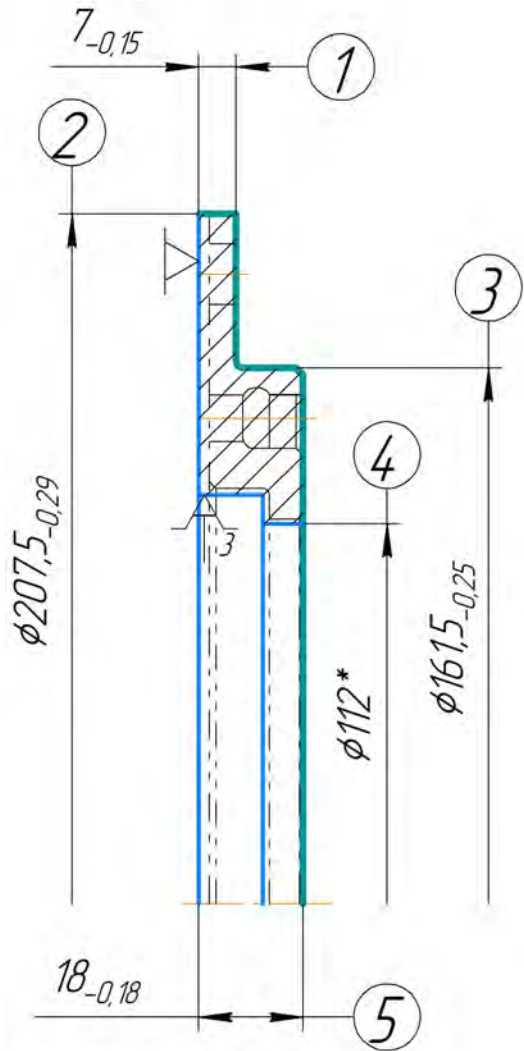
Дубл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

НУЗП 0214.1.23005	1	1
-------------------	---	---

Розроб.	Супрун			НУЗП	НУЗП 71344.1.005		Мз-110сп.2014.1.00015
Перевір.	Вишнепольський						
Н. контр.	Дядя			Кришка			015



$\sqrt{Ra\ 3,2}$

* розмір для довідок

										ГОСТ 3.1404-86		Форма 3		
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
										НУЗП 0214.1.23005		2	1	
Розроб.	Супрун			НУЗП		НУЗП 71344.1.005						Мз-110сп.6014.1.00015		
Перевір.	Вишнепольський													
Н. контр.	Дядя			Кришка								15		
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КОВД
Токарна з ЧПК				Сталь 12Х2Н4А-Ш ГОСТ 4543 - 71		293...341 НВ		К2	1,15	φ216×18			2,87	1
Устаткування, пристрій з ЧПУ				Позначення програми		Т _о	Т _б	Т _{п.з.}	Т _{шт.}	СОЖ				
38 1021 Токарний з ЧПК АТМ 220				-		1,76	1,32	31	4,17	5% розчин Аквол-10М ГОСТ 1975-75				
Р				П	D або B		L	f	i	s	n	v		
0 01	1. Встановити і закріпити, зняти деталь										t _{уч} =1,1 хв			
Т 02	ПР Пристосування спеціальне													
03														
0 04	2. Точити поверхні за програмою, витримуючи розміри 1-5													
Т 05	ВІ Блок інструментальний													
06	РІ 2102-1098 Різець прохідний, відігнутий, лівий Т15К6 ГОСТ 18877-73													
Р 09	СІ 393311 Штангенциркуль ШЦ-II-0-250-0,1-1 ГОСТ 166-89; набір спеціальних шаблонів													
10				01	φ207,5	247	4	4	0,35	260,62	25,7			
0 11														
Т 10														
11														
12														
Р 13														
OK														

Дубл.			
Взам.			
Підп.			

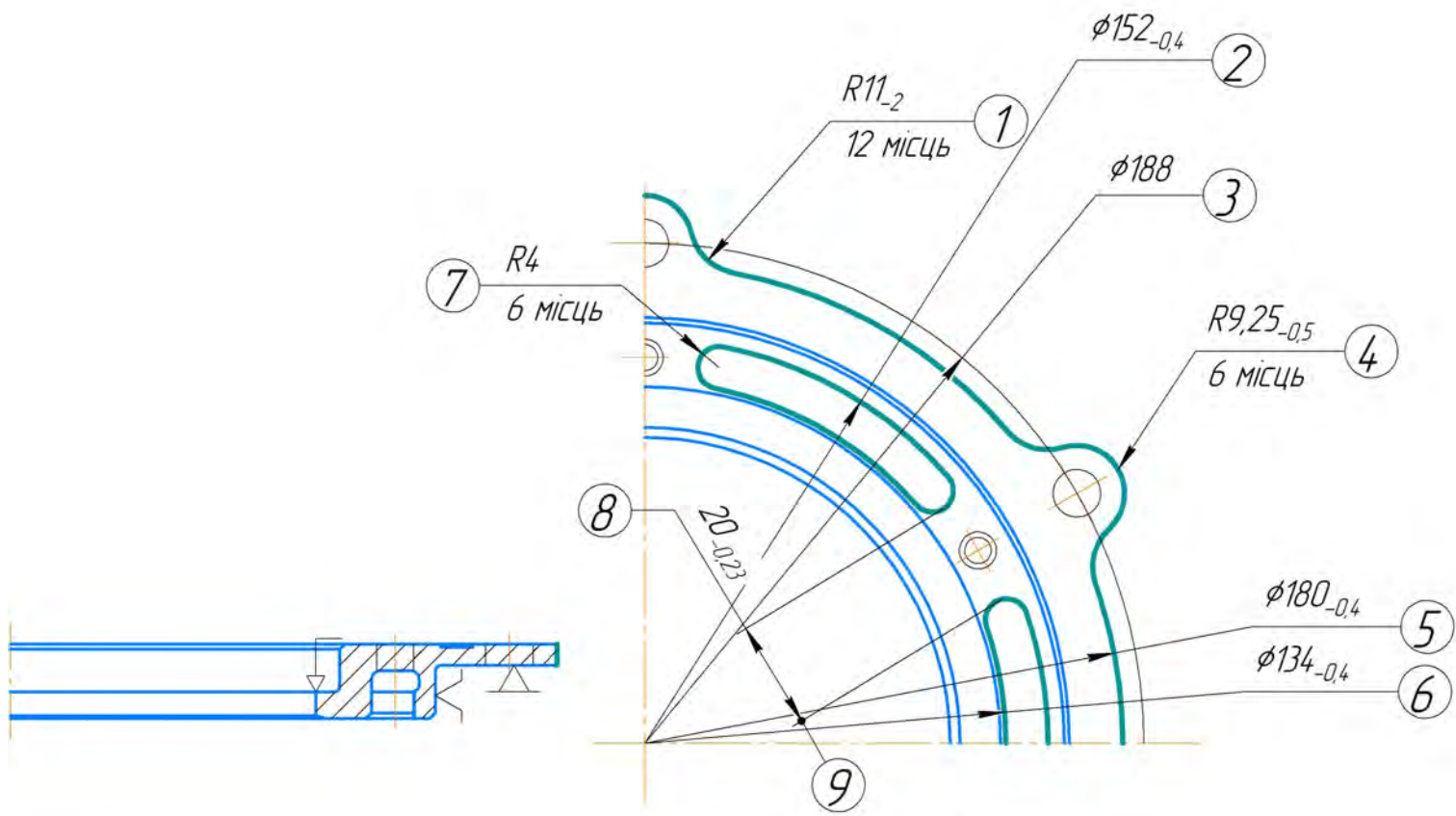
--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

НУЗП 0214.1.23005	1	1
-------------------	---	---

Розроб.	Супрун			НУЗП	НУЗП 71344.1.005		Мз-110сп.2014.1.00095
Перевір.	Вишнепольський						
Н. контр.	Дядя				Кришка		095

$\sqrt{Ra\ 3,2}$



										ГОСТ 31404-86		Форма 3	
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
										НУЗП 0214.1.23005		2	1
Розроб.	Супрун			НУЗП		НУЗП 71344.1.005			МЗ-110сп.6014.1.00015				
Перевір.	Вишнепольський												
Н. контр.	Дядя			Кришка								95	
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОВД
Фрезерна з ЧПК				Сталь 12Х2Н4А-Ш ГОСТ 4543 - 71		293...341 НВ		К2	1,15	φ216×18		2,87	1
Устаткування, пристрій з ЧПУ				Позначення програми		T ₀	T ₀	T _{п.з.}	T _{шт.}	СОЖ			
Оброблюючий центр НМС 63				-		8,45	1,26	20	12,15	5% розчин Аквол-10М ГОСТ 1975-75			
P			П	D або B	L	f	i	s	n	v			
0 01	1. Встановити і закріпити, зняти деталь										t _{уч} =1,1 хв		
T 02	ПР Пристосування спеціальне												
03													
0 04	2. Фрезерувати поверхні за програмою, витримуючи розміри 1-5												
T 05	ВІ Блок інструментальний												
06	РІ 2223-0112 Фреза концева ГОСТ 17026-71												
P 09	СІ 393311 Штангенциркуль ШЦ-II-0-250-0,1-1 ГОСТ 166-89; набір спеціальних шаблонів												
10			01	φ8	524	4	1	0,12мм/зуб	500	8,45			
0 11	3. Фрезерувати поверхні за програмою, витримуючи розміри 6-9												
T 10	ВІ Блок інструментальний												
11	РІ XXXXXX Фреза шпонкова ГОСТ 6648-79												
12	СІ 393311 Штангенциркуль ШЦ-II-0-250-0,1-1 ГОСТ 166-89; набір спеціальних шаблонів												
P 13			02	φ8	524	4	1	0,12мм/зуб	500	8,45			
OK													

Дубл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

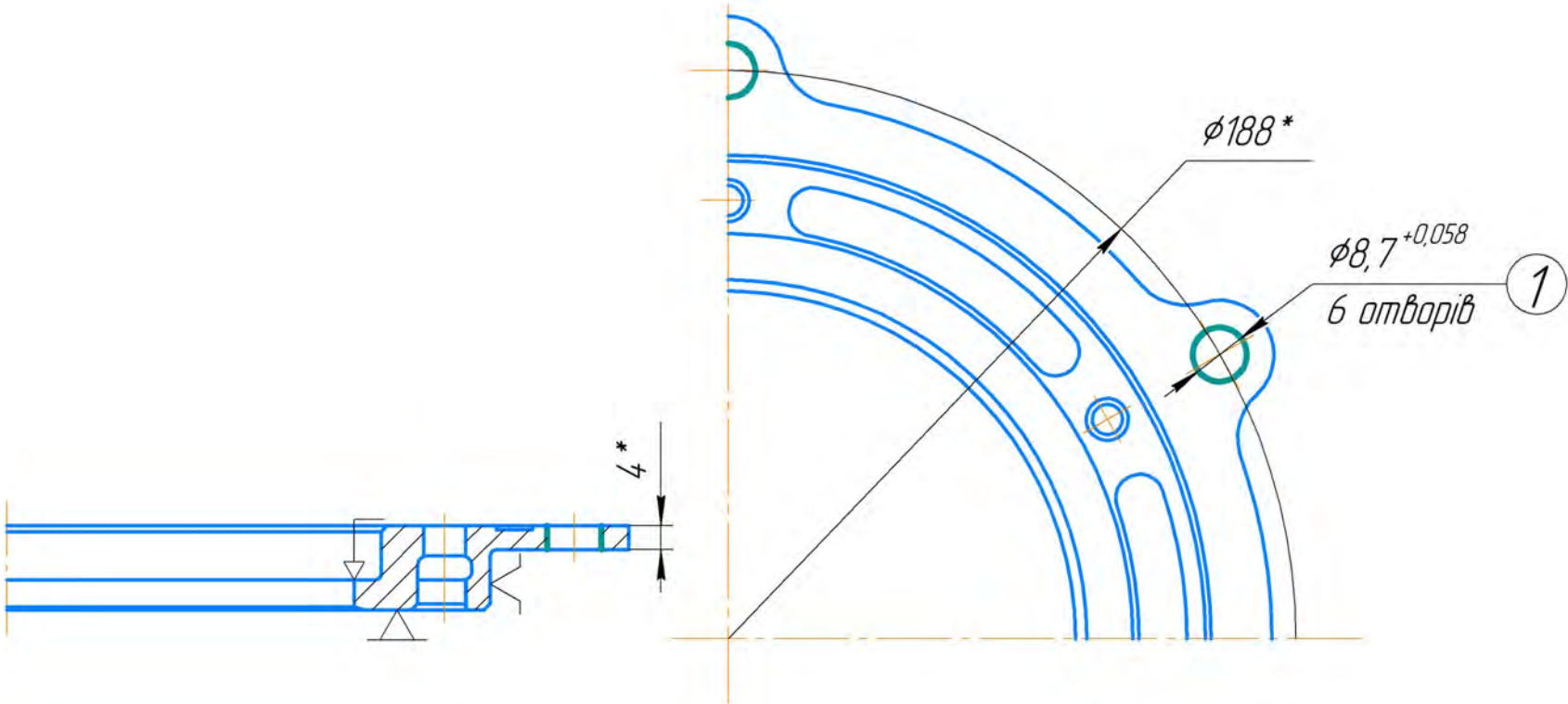
ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

НУЗП 0214.1.23005 1 1

Розроб.	Супрун			НУЗП	НУЗП 71344.1.005		МЗ-110сп.2014.1.00100
Перевір.	Вишнепольський						
Н. контр.	Дядя			Кришка			100

1 Перехід

$\sqrt{Ra\ 3,2}$



Дубл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

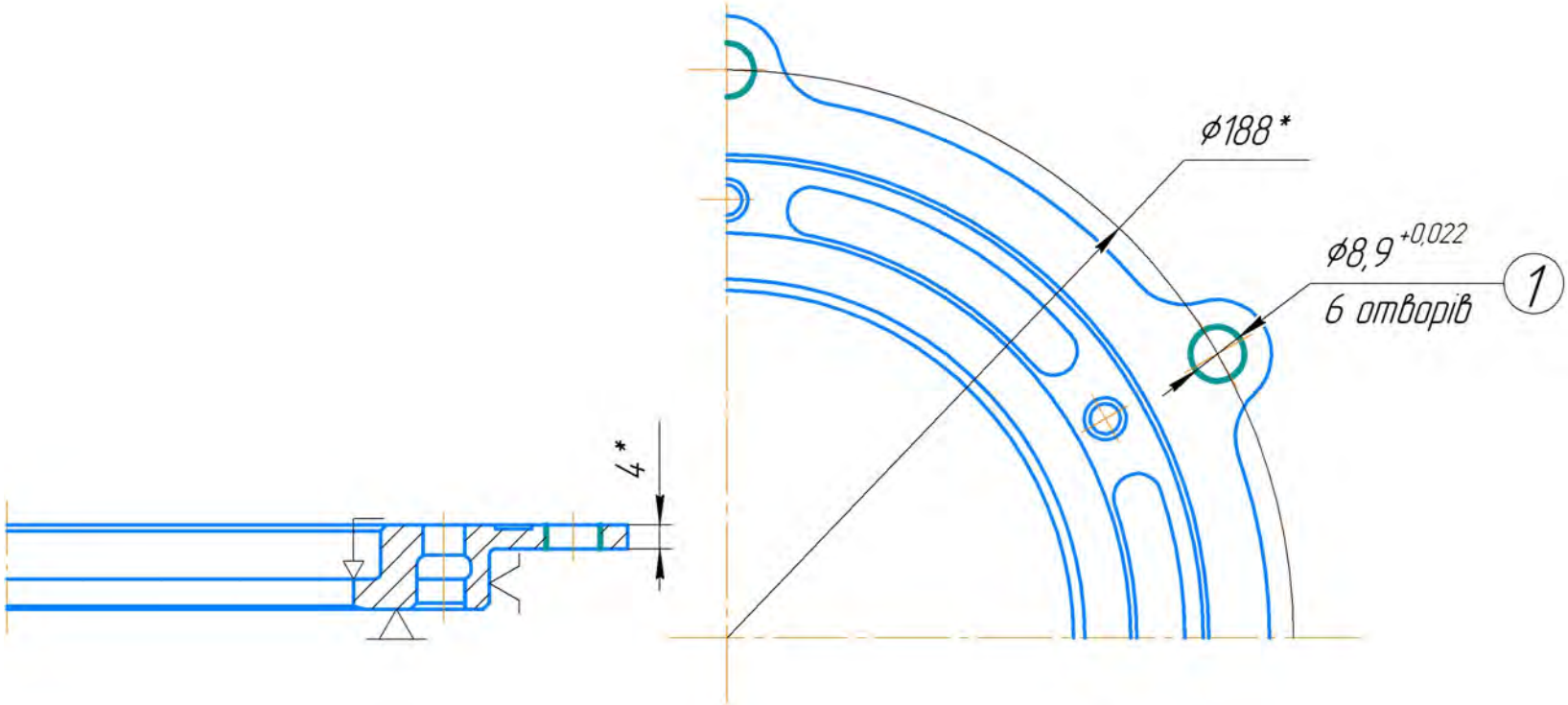
ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

НУЗП 0214.1.23005	3	2
-------------------	---	---

Розроб.	Супрун			НУЗП	НУЗП 71344.1.005		МЗ-110сп.2014.1.00100
Перевір.	Вишнепольський						
Н. контр.	Дядя			Кришка			100

2 Перехід

$\sqrt{Ra\ 3,2}$



Дубл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

						НУЗП 0214.1.23005		3	3
Розроб.	Супрун			НУЗП		НУЗП 71344.1.005		МЗ-110сп.2014.1.00100	
Перевір.	Вишнепольський								
Н. контр.	Дядя			Кришка					100

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

1001 2140-00				1001 2140-00

ЗНТУ 0214.18024	2
-----------------	---

[illegible][illegible]

OK			
----	--	--	--

1867 2105 87				400000

1

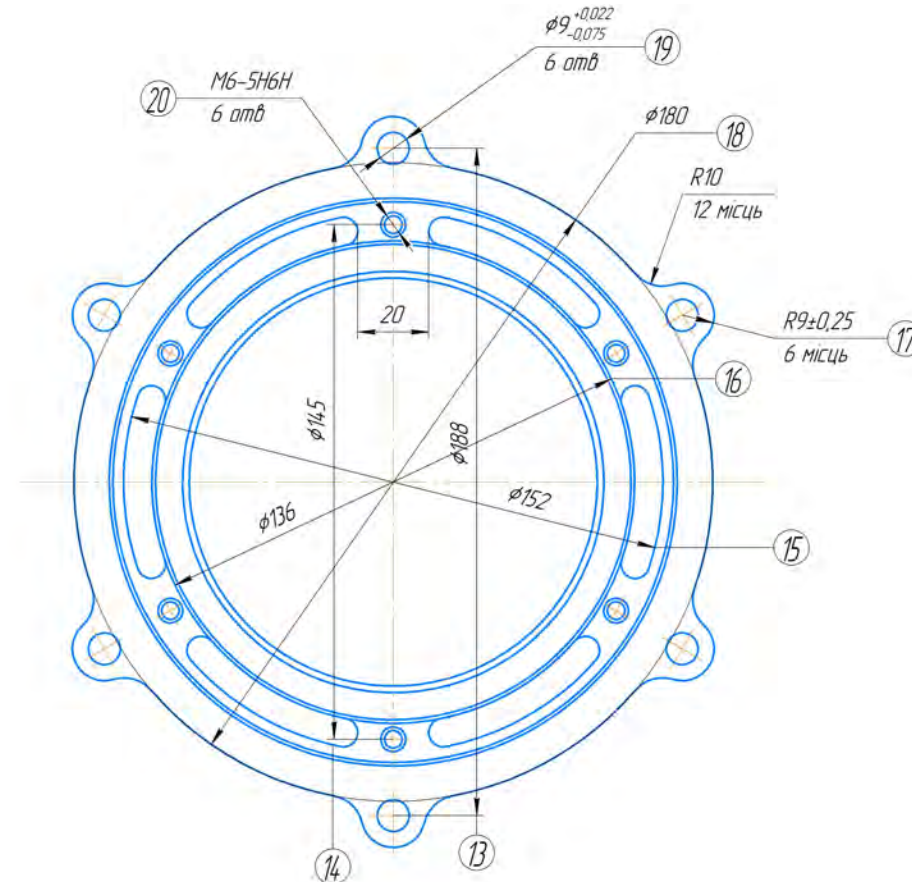
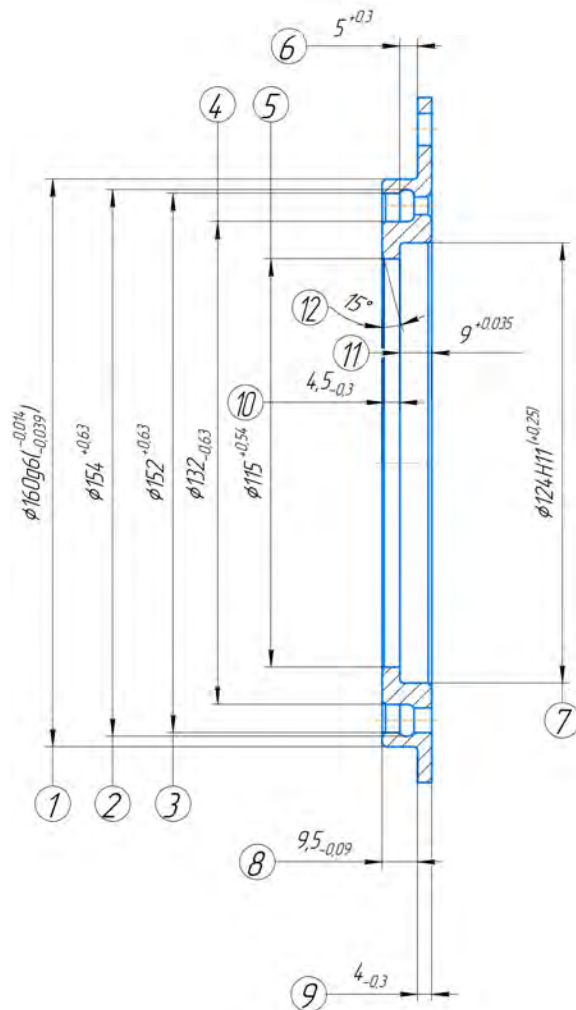
МЗ-110сп.2014.1.00115

Перевір.	Вишнепольський
----------	----------------

Н. контр.	Дядя
-----------	------

Кришка

115

 $\sqrt{Ra_{3,2}}$

										ГОСТ 31502-85		Форма 2		
Дубл.														
Взам.														
Підп.														
										НУЗП 0214.1.23005		2	1	
Розроб.	Супрун			НУЗП		НУЗП 71344.1.005						Мз-110сп.6114.1.00115		
Перевір.	Вишнепольський													
Н. контр.	Дядя			Кришка									115	
Найменування операції						Найменування, марка матеріалу						МД		
Контрольна						Сталь 12Х2Н4А-Ш ГОСТ 4543 - 71						1,15		
Найменування обладнання				То	Тдон					Обозначение ИОТ				
Контрольний стіл										ИОТ №20				
Р	Контрольовані параметри			Код засобів ТО		Найменування засобів ТО				Об'єм і ПК		То/Тв		
01	I Контроль зовнішнього вигляду													
02	1. Перевірити відсутність вм'ятин													
03	рисок, корозії і гострих крамок													
04	на поверхні деталі					Візуально				100%				
05	2. Перевірити шорсткість													
06	поверхонь деталі					Еталони шорсткості				100%				
07														
08	II Контроль розмірів													
09	1 - φ160g6			393121		Калібр-скоба φ160 8113-0215 g6 ГОСТ 18360-93				100%				
10	2 - φ154 за контуrom			393611		Шаблон спеціальний φ154				50%				
11	3 - φ152 за контуrom			393611		Шаблон спеціальний φ152				50%				
12	4 - φ132 за контуrom			393611		Шаблон спеціальний φ132				50%				
13	5 - φ115H10			393121		Калібр-пробка φ115 8140-0106 H10 ГОСТ 14822-69				100%				
OK		Технический контроль												

[illegible]