

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технології машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему

Забезпечення точності обробки тонкостінних кілець

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Мігур Ю.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Вишнепольський Є.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

2020

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

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технології машинобудування
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. Дядя

« » 2020 року

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

Мігур Юліани Ігорівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Забезпечення точності обробки тонкостінних кілець

керівник проєкту (роботи) Вишнепольський Є.В. , ст.викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «3» 12 2020 року № 368

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 05.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі «Кільце зовнішнє»; річна програма випуску N=1000 деталей на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація контролю деталі на верстаті з; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX; 5 Спеціальне завдання.Забезпечення точності обробки тонкостінних кілець; 6 Оцінка економічної ефективності розробки або заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; лист автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; графічна частина до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	ст.викладач Вишнепольський Є.В .		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Пухальська Г.В.		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2020	
2	Конструкторська частина	06.10.2020	
3	Автоматизація операції контролю процесу азотування	14.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX	20.10.2020	
5	Спецзавдання. Методи фінішної обробки в технологічному процесі виготовлення деталей	03.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	10.11.2020	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	02.12.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	03.12.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	08.12.2020	
10	Захист дипломного проєкту.	10.12.2020	

Студент(ка)

_____ Мігур Ю.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Вишнепольський Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 121 с., 10 табл., 47 рис., 2 дод., 40 джерел.

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, SIEMENS NX, КІЛЬЦЕ ЗОВНІШНЄ, ЛЕЗВІЙНА ОБРОБКА, ТОНКОСТІННА ДЕТАЛЬ, РІЗЕЦЬ, СВЕРДЛІННЯ, СВЕРДЛО, ФРЕЗЕРНИЙ ПЕРЕХІД, ФРЕЗА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, НАВАНТАЖЕННЯ.

Об'єкт дослідження – деталь «Кільце зовнішнє». Входить до вузлу соплового апарату турбіни високого тиску двигуна Д-36 і під час експлуатації піддається напруженню кручення та згину.

Мета роботи – визначення методів механічної обробки, що дозволяють отримати деталь з необхідної точністю.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки кільця.

В магістерській роботі: обрано метод виготовлення деталі; спроектовано технологічний процес виготовлення деталі; обрано обладнання, інструмент, режими різання, норми часу; проведена симуляція окремих механічних операцій обробки за допомогою САМ/CAD/CAE-модулю; спроектовано робоче та контрольне пристосування; запропоновані рекомендації для автоматизованого контролю заготовки під час механічної обробки; проведено розрахунок моделі деталі на міцність за допомогою САМ-модулю; розглянуті методи для отримання необхідної точності після механічної обробки; розрахована економічна доцільність використання новітніх інструментів для обробки; передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	24
1.6 Розрахунок режимів різання	32
1.6.1 Розрахунок режимів різання для точіння	32
1.6.2 Розрахунок режимів різання для свердління	36
1.6.3 Розрахунок режимів різання для фрезерування	40
1.7 Технічне нормування операцій	43
1.8 Розробка технологічної операцій на високопродуктивному станку з ЧПК	47
1.8.1 Розробка токарної операції	47
1.8.2 Розробка свердлильної операції	47
1.8.3 Розробка фрезерної операції	49
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	50
2.1 Проектування робочого пристосування	50
2.1.1 Конструкція і принципи роботи пристосування	50
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.	51
Розрахунок пристосування на точність	

2.1.3	Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	55
2.2	Проектування контрольного пристосування	64
2.2.1	Конструкція і принципи роботи контрольного пристосування	64
2.2.2	Розрахунок на точність	66
3	АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ДЕТАЛІ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК	72
4	РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ	76
4.1	Визначення напружено-деформованого стану деталі	76
4.2	Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції. Оптимізація геометрії деталі	79
5	СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ТОНКОСТІННИХ КІЛЕЦЬ	84
5.1	Аналіз літературних джерел	84
5.2	Можливі шляхи вирішення	87
6	ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ	93
7	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	96
7.1	Аналіз потенційних небезпек	96
7.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки	98
7.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	100
7.4	Заходи з пожежної безпеки	102
7.5	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	105
	ВИСНОВКИ	110
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	112
	ДОДАТОК А: Специфікація робочого пристосування	120
	ДОДАТОК Б: Специфікація контрольного пристосування	121

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АДЗ	—	анодно-дугове зварювання
ДСТУ	—	Державний стандарт
ЗОТС	—	змащувально-охолоджуюче технологічне середовище
КВМ	—	коефіцієнт використання матеріалу
КЕ	—	кінцевий елемент
МВД	—	маршрут виготовлення деталі
МОП	—	маршрут обробки поверхні
ОП	—	охорона праці
ППТЯ	—	послідовність показників точності та якості
СНіП	—	система норм і правил
ТП	—	технологічний процес
ЧПК	—	числове програмне керування

ВСТУП

Машинобудування – важлива галузь народного господарства України. На сучасному етапі перед машинобудуванням стоять такі задачі:

- випуск високоякісної продукції;
- підвищення рівня використання матеріалів;
- підвищення рівня завантаження обладнання;
- підвищення продуктивності виробництва за рахунок застосування прогресивних технологій, високоякісних матеріалів та автоматизації технологічних процесів;
- зниження собівартості виготовлення виробів за рахунок застосування технологічних та економічних матеріалів;

Розв’язання цих завдань відбувається завдяки пошуку та використанню сучасних методів в розробці технологічних процесів; методів вимірювання та контролю; при використанні сучасних, досконалих винаходів комп’ютерної автоматизації з використанням таких програм як AutoCAD, ANSYS, Unigraphics (NX) тощо.

В магістерській роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі “Кільце зовнішнє” в умовах дрібносерійного типу виробництва. В цій роботі вирішується:

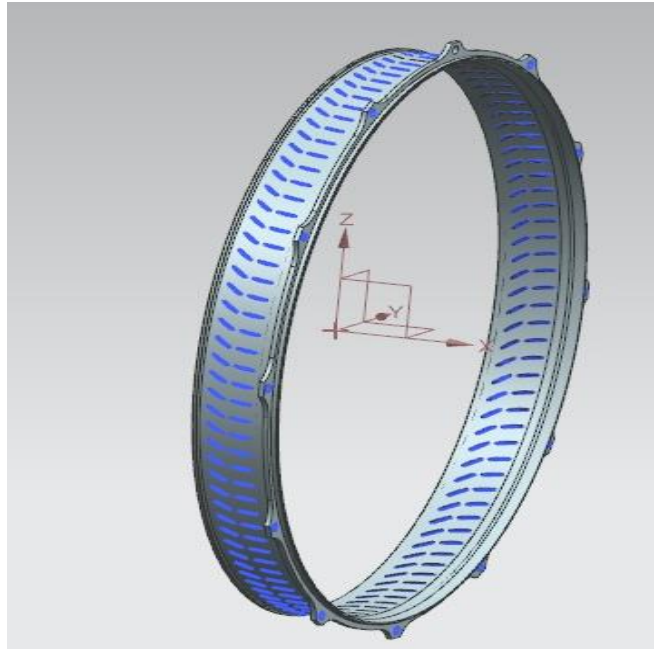
- метод отримання більш раціонального виду заготовки;
- розрахунок оптимальних режимів різання;
- застосування новітніх інструментів, що дозволяють підвищити ефективність під час механічної обробки та зменшити час на виготовлення, а отже зменшення затрат на виготовлення деталі і зберегти точність форм і розмірів деталі.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

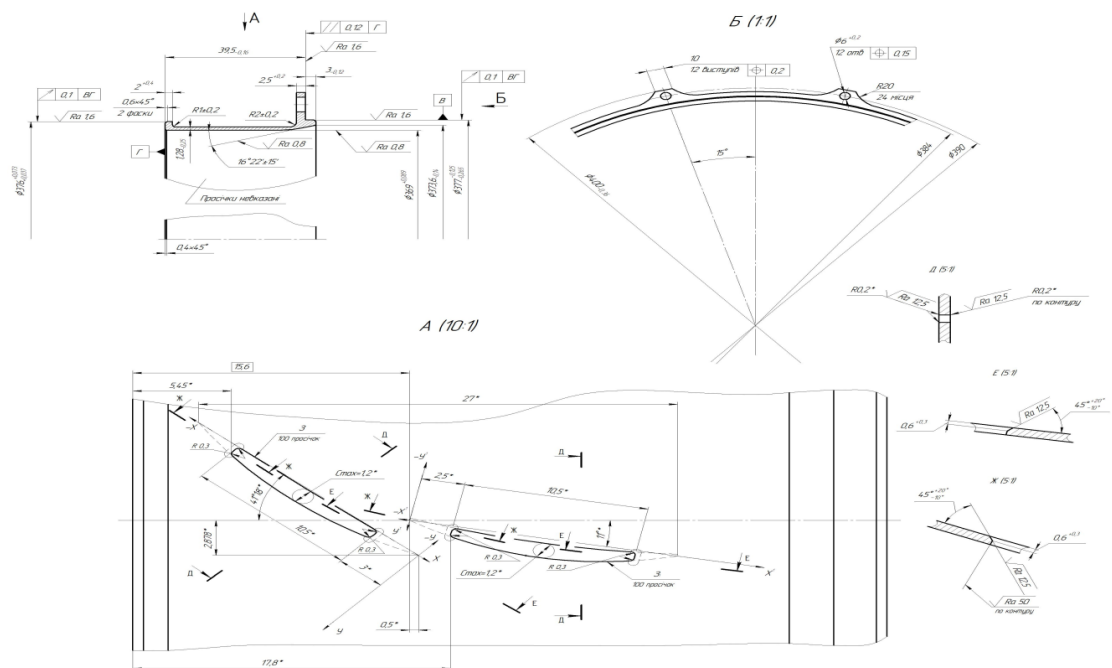
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Деталь «Кільце зовнішнє» (рис. 1.1 а, б) входить до складу «Апарату направляючого», за конструкцією відноситься до 71 класу – «Тіл обертання», типу втулок, фланців, входить до 8 ступеня компресора високого тиску та складається з таких конструктивних елементів:

- буртиків – призначені для фіксації та з'єднання з іншими ступенями компресора на робочих кільцях;
- виточки – призначена для центрування з іншим ступенем компресора;
- наскрізного отвору – призначений для встановлення на газоповітряний тракт компресора;
- внутрішнього скосу $16^{\circ}22'$ – призначений для центрування на газоповітряному тракті компресора;
- 12 отворів $\varnothing 6$ мм – призначені для з'єднання з іншими ступенями компресора;
- 12 виступів шириною 10 мм – призначені для зменшення ваги деталі;
- 200 просічек шириною 1,2 мм – призначені для направлення потоків повітря на лопатки наступних ступеней;
- галтель R1 – призначена для зменшення внутрішніх напружень;
- галтель R2 – призначені для зменшення внутрішніх напружень;
- галтель R0,6 – призначена для зменшення внутрішніх напружень;
- 24 галтелі R20 – призначені для зменшення ваги деталі;
- 1 фаска $0,4 \times 45^{\circ}$ – призначені для забезпечення складання виробу, уникнення гострих кромки;
- 2 фаски $0,6 \times 45^{\circ}$ – призначені для забезпечення складання виробу, уникнення гострих кромки.



а



б

Рисунок 1.1 – Деталь «Кільце зовнішнє»

Матеріал для виготовлення деталі: конструкційна високолегована сталь
07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77 у відсотках

C	Cr	Ni	Mo	V	Nb	S	P	Mn	Si	Fe
						Не більше				
0,05... 0,09	10,5... 12	1,4... 1,8	0,35... 0,5	0,15... 0,25	0,05... 0,15	0,02	0,03	0,6	0,06	все інше

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77

σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	НВ	КСУ, Дж/см ²
900	10	55	241...255	39

Технологічні властивості сталі.

Температура кування: початку - 1360°C, кінця - 830°C. Охолодження на повітрі. Зварюваність – важкозварювана. Способи зварювання – анодно-дугове (АДЗ). Оброблюваність матеріалу різанням характеризується коефіцієнтом оброблюваності твердосплавним інструментом $K_{ТВ}$ та коефіцієнтом оброблюваності швидкоріжучої сталі $K_{ШВ}$: $K_{ТВ.СПЛ.} = 0,8$ та $K_{ШВ.СТ.} = 0,3$.

Схильність до відпускнуї крихкості – не схильна. Флокеночутливість – не чутлива. Твердість деталі НВ 241...255 досягається відпалом.

1.2 Вибір типу виробництва і форма організації робіт

Виходячи з маси деталі $m = 0,684$ кг та річної програми випуску $N = 1000$ дет/рік визначаємо тип виробництва за таблицею [1, т.1, стор.15]. Згідно цій таблиці деталь відноситься до дрібносерійного типу виробництва.

Визначимо об'єм партії за формулою (1.1) [4]:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \text{ од,} \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво, днів (приймаю $a = 5$ днів);

N – річна програма випуску, од/рік;

A – кількість робочих днів у році (приймаємо $A = 250$ днів).

$$n = \frac{5 \cdot 1000}{250} = 20 \text{ од.}$$

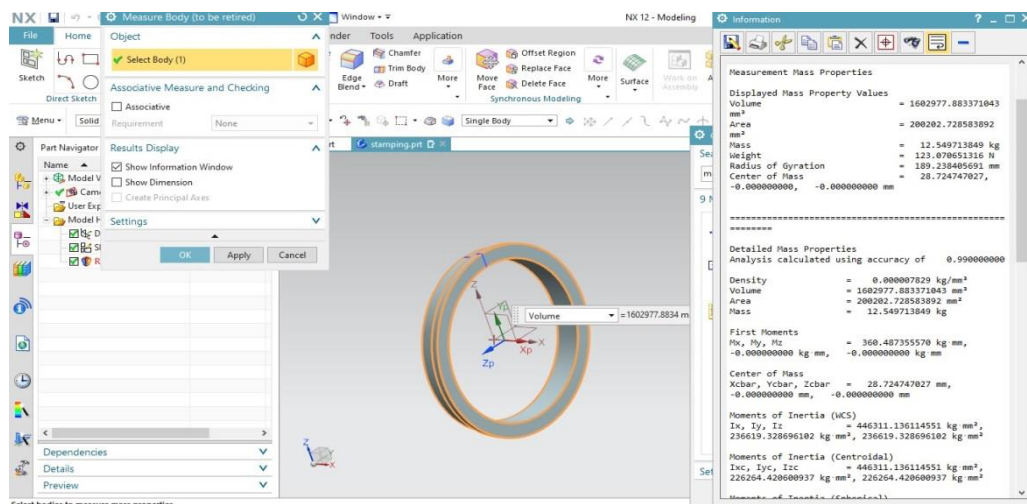
Форма організації робіт: непоточна форма.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

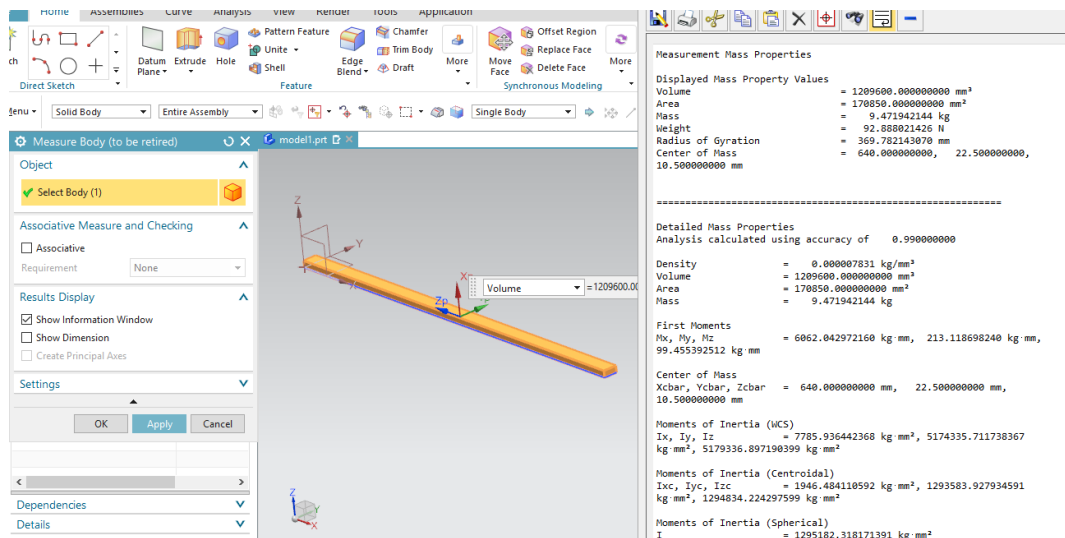
Для деталі «Кільце зовнішнє» (рис. 1.2 а, б) виконуємо економічне обґрунтування доцільності застосування обраного варіанту отримання заготовки. В даному випадку обираю серед:

— заготовки поковки (рис. 1.2а);

— з полосового прокату (рис. 1.2б).



а



б

Рисунок 1.2 – Маса заготовок (поковки та полосового прокату)

Вихідні дані:

— матеріал заготовки: сталь 07Х12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77;

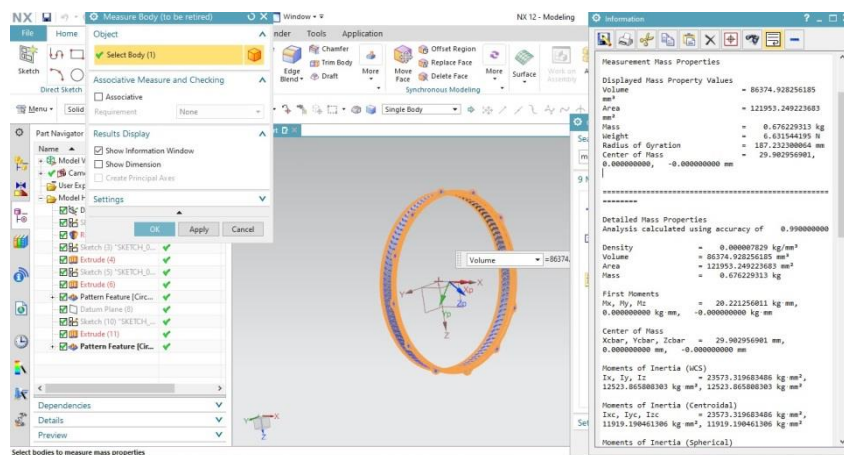
— маса деталі: $Q = 0,684$ кг;— програма випуску: $N = 1000$ од.

Рисунок 1.3 – Маса деталі «Кільце»

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) за формулою (1.2) [2, с.5]:

$$\eta = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (1.2)$$

де $Q_{\text{дет}}$, $Q_{\text{заг}}$ – маса деталі та заготовки відповідно.

Для заготовки поковки та з прокату матимемо:

$$\eta_1 = \frac{0,684}{12,5} = 0,05,$$

$$\eta_2 = \frac{0,684}{9,47} = 0,072.$$

Собівартість отриманої заготовки розрахуємо за формулою (1.3) [2, с.5]:

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot S, \quad (1.3)$$

де C_B – базова вартість 1 т заготовок, які отримані цим методом, грн;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

K_T – коефіцієнт, що враховує точність заготовки [4, табл.1.24, с.18];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал [4, табл.1.25, с. 18];

K_C – коефіцієнт, що враховує складність заготовки [4, табл.1.26, с.19];

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [4, табл.1.27, с.19];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску [4, табл.1.28, с.19];

S – вартість 1 т стружки, грн [4, табл.1.5, с.13].

Для поковки та з прокату матимемо:

$$C_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 12,5 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,75 \cdot 1 - \frac{(12,5 - 0,02)}{1000} \cdot 140 = 44,05 \text{ грн},$$

$$C_2 = \frac{2600}{1000} \cdot 9,47 \cdot 1 - \frac{(9,47 - 0,02)}{1000} \cdot 140 = 23,3 \text{ грн}.$$

Економічний ефект розраховуємо за формулою (1.4) [2, с.5]:

$$E_B = (C_2 - C_1) \cdot N, \text{ грн}, \quad (1.4)$$

$$E_B = (44,05 - 23,3) \cdot 1000 = 20750 \text{ грн.}$$

Економія метала за формулою (1.5) [2, с.5]:

$$M_1 = \frac{Q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N, \text{ кг}, \quad (1.5)$$

$$M_1 = \frac{0,02 \cdot (0,05 - 0,072)}{0,05 \cdot 0,072} \cdot 1000 = -122,2 \text{ кг.}$$

Оскільки $C_1 = 44,05$ грн більше, ніж $C_2 = 23,3$ грн та $\eta_1 = 0,05$ менше за $\eta_2 = 0,072$ обираємо більш раціональний метод отримання заготовки: полосовий прокат.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами заготовок

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіант заготовки	
			поковка	прокат
Маса	Q	кг	12,5	9,47
Припуск	Z	мм	2,5	1,75
Баз. ціна 1 т заготовок	С _б	грн.	3500	2600
Поправочні коефіцієнти	К _Т	-	1,05	1
	К _М	-	1	1
	К _В	-	1,33	1
	К _З	-	1,75	1
	К _П	-	1	1
Вартість 1 т стружки	S	грн.	140	140
Собівартість 1 т заготовок	C	грн.	44,05	23,3
КВМ	η	-	0,05	0,072

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Проводити аналіз конструкції деталі «Кільце зовнішнє» на технологічність буду за якісними та кількісними показниками (ГОСТ 14.201-83). Якісні показники:

- оброблюваність різанням – добра;
- застосування підйомних засобів при обробці не потребує оскільки вага деталі невелика;
- можливе використання принципів постійності та суміщення баз при механічній обробці;
- до всіх поверхонь інструмент має вільний доступ;
- є поверхні правильної геометричної форми, що можуть прийматися за чорнові бази;

— жорсткість конструкції деталі характеризується коефіцієнтом жорсткості, що розраховується за формулою (1.6):

$$K_j = \frac{l_{max}}{S_{min}}, \quad (1.6)$$

де l_{max} — максимальна довжина деталі, мм;

S_{min} — мінімальна товщина деталі, мм.

Умова жорсткості деталі:

$$[K_j < 5],$$

$$K_j = \frac{42,5}{0,69} = 0,11 < 5$$

Деталь жорстка.

Кількісні показники технологічності:

— коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів (K_y) розраховується за формулою (1.7):

$$K_y = \frac{Q_{y.заг}}{Q_{к.заг}}, \quad (1.7)$$

де $Q_{y.заг}$ — кількість уніфікованих елементів;

$Q_{к.заг}$ — загальна кількість конструктивних елементів.

Умова уніфікації:

$$[K_y > 0,6],$$

$$K_y = \frac{259}{259} = 1 > 0,6.$$

— коефіцієнт точності обробки ($K_{тч}$) розраховується за формулою (1.8):

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}}, \quad (1.8)$$

де $A_{\text{ср}}$ – середнє арифметичне значення квалітетів точності,
який розраховується за формулою (1.9):

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum K_i}{n}, \quad (1.9)$$

де n – кількість квалітетів точності;

K_i – квалітет точності i -ого розміру.

Умова точності обробки:

$$[K_{\text{тч}} \geq 0,8],$$

$$A_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 11 + 8 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 13 \cdot 12 + 15 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 14 \cdot 11}{40} = 10,97,$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{10,97} = 0,9.$$

— коефіцієнт шорсткості $K_{\text{ш}}$, який розраховується за формулою (1.10):

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}}, \quad (1.10)$$

де $B_{\text{ср}}$ – середнє значення шорсткості оброблених поверхонь,
мкм, розраховується за формулою (1.11):

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum M_i}{n}, \text{ мкм}, \quad (1.11)$$

де M_i – шорсткість i -ої поверхні, мкм;

n – кількість усіх показників шорсткості поверхонь.

Умова шорсткості:

$$[K_{\text{ш}} < 0,32],$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{1,6 \cdot 3 + 0,8 \cdot 2 + 3,2 \cdot 59}{64} = 3,05,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,05} = 0,32.$$

За даними показниками деталь є технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Вихідні дані для призначення маршруту обробки поверхонь (МОП):

— деталь: кільце зовнішнє;

— заготовка: полосовий прокат;

— тип виробництва: дрібносерійний (N = 1000 од/рік).

Призначаю МОП для наступних поверхонь (див.табл.1.4).

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку МОП

Геометричний розмір, мм	Характеристики поверхні		Показники точності та якості							
			Квалітет, мкм		Биття		Шорсткість		Твердість	
	Вид	Тип	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.
$\varnothing 376^{+0,073}_{+0,018}$	Циліндрична	Зовнішня	G9	IT15	0,1	1	Ra 1,6	Ra 50	241...255 HB	120...200 HRC
$\varnothing 369^{+0,089}$	Циліндрична	Внутрішня	H8	IT14	-	-	Ra 0,8	Ra 50		

Розроблю МОП для розміру $\varnothing 376^{+0,073}_{+0,018}$ мм.

Показники заготовки: $(\begin{smallmatrix} +1,0 \\ -0,6 \end{smallmatrix})$; $Td_{заг} = 1600$ мкм [2, табл.3.3, с.17];

$Ra_{\text{заг}} = 50 \text{ мкм}$ [2, табл.3.7, с.23].

Загальні уточнення за показниками за формулами (1.12) – (1.14) [2, с.24]:

$$\varepsilon_{0Td} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{0Ra} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_{0\gamma} = \frac{\gamma_{\text{заг}}}{\gamma_{\text{дет}}} \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{0Td} = \frac{1600}{91} = 17,58.$$

$$\varepsilon_{0Ra} = \frac{50}{1,6} = 31,25.$$

$$\varepsilon_{0\gamma} = \frac{1}{0,1} = 10.$$

Лімітований показник: шорсткість (Ra).

Кількість переходів за формулою (1.15) [2, с.24]:

$$k = 2 \log \varepsilon_0, \quad (1.15)$$

$$k = 2 \log 31,25 \approx 3 \text{ перехіди}$$

МОП:

- 1) заготовка;
- 2) розточування чорнове;
- 3) розточування напівчистове;
- 4) розточування чистове.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

різниця квалітетів: $\Delta = IT15 - G9 = 15 - 9 = 6 = 3 + 2 + 1$.

ППТЯ_{Td}: IT15 → G12 → G10 → G9;

ППТЯ_{Ra}: Ra 50 → Ra 12,5 → Ra 6,3 → Ra 1,6;

ППТЯ $_{\lambda}$: $\lambda 1 \rightarrow \lambda 0,5 \rightarrow \lambda 0,3 \rightarrow \lambda 0,1$.

Проміжні уточнення:

1) за точністю:

$$\varepsilon_{Td_2} = \frac{1600}{570} = 2,8,$$

$$\varepsilon_{Td_3} = \frac{570}{230} = 2,478,$$

$$\varepsilon_{Td_4} = \frac{230}{91} = 2,52.$$

2) за шорсткістю:

$$\varepsilon_{Ra_2} = \frac{50}{12,5} = 4,$$

$$\varepsilon_{Ra_3} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98,$$

$$\varepsilon_{Ra_4} = \frac{6,3}{1,6} = 3,93.$$

3) за биттям:

$$\varepsilon_{\lambda_2} = \frac{1}{0,5} = 2,$$

$$\varepsilon_{\lambda_3} = \frac{0,5}{0,2} = 1,66,$$

$$\varepsilon_{\lambda_4} = \frac{0,3}{0,1} = 3.$$

Контрольні правила за формулами (1.16) – (1.18) [2, с.25]:

$$\left[\varepsilon_{0\text{розр}} \leq \prod \varepsilon_{Td} \right]; [17,58 \leq 17,58]. \quad (1.16)$$

$$[\varepsilon_{0\text{розр}} \leq \prod \varepsilon_{Ra}]; [31,25 \leq 31,25]. \quad (1.17)$$

$$[\varepsilon_{0\text{розр}} \leq \prod \varepsilon_{\nearrow}]; [10 \leq 10]. \quad (1.18)$$

Висновок: контрольні правила збігаються. Призначений маршрут обробки для даної поверхні вважаю вірним.

Розроблю МОП для розміру $\varnothing 369^{+0,089}_{\text{мм}}$.

Показники заготовки: $(^{+0,8}_{-0,6})$; $Td_{\text{заг}} = 1400 \text{ мкм}$ [2, табл.3.3, с.17];

$Ra_{\text{заг}} = 50 \text{ мкм}$ [2, табл.3.7, с.23].

Загальні уточнення за формулами (1.12) – (1.13) [2, с.24]:

$$\varepsilon_{0Td} = \frac{1400}{89} = 15,73.$$

$$\varepsilon_{0Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,5.$$

Лімітований показник: шорсткість (ε_{Ra}).

Кількість переходів за формулою (1.15) [2, с.24]:

$$k = 2 \log \varepsilon_0,$$

$$k = 2 \log 62,5 \approx 3 \text{ переходи.}$$

МОП:

- 1) заготовка;
- 2) розточування чорнове;
- 3) розточування напівчистове;
- 4) розточування чистове.

ППТК:

різниця квалітетів: $\Delta = IT14 - H8 = 14 - 8 = 6 = 3 + 2 + 1.$

ППТЯ_{Td}: IT14 → H11 → H9 → H8;

ППТЯ_{Ra}: Ra 50 → Ra 12,5 → Ra 3,2 → Ra 0,8.

Проміжні уточнення:

1) за точністю за формулами (1.12):

$$\varepsilon_{Td_2} = \frac{1400}{360} = 3,89.$$

$$\varepsilon_{Td_3} = \frac{360}{140} = 2,57.$$

$$\varepsilon_{Td_4} = \frac{140}{89} = 1,57.$$

2) за шорсткістю за формулами (1.13):

$$\varepsilon_{Ra_2} = \frac{50}{12,5} = 4,$$

$$\varepsilon_{Ra_3} = \frac{12,5}{3,2} = 3,925,$$

$$\varepsilon_{Ra_4} = \frac{3,2}{0,8} = 4.$$

Контрольні правила за формулами (1.16) – (1.17):

$$\left[\varepsilon_{0\text{розр}} \leq \prod \varepsilon_{Td} \right]; [15,73 \leq 15,73].$$

$$\left[\varepsilon_{0\text{розр}} \leq \prod \varepsilon_{Ra} \right]; [62,5 \leq 62,5].$$

Висновок: контрольні правила збігаються. Призначений маршрут обробки для даної поверхні вважаю вірним.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) «Кільце зовнішнє» складається з 12 операцій:

- Оп.005 Комплектувальна;
- Оп.010 Зварювання;
- Оп.015 Термічна;
- Оп.020 Токарна з ЧПК;
- Оп.025 Токарна з ЧПК;
- Оп.030 Токарна з ЧПК;
- Оп.035 Токарна з ЧПК;
- Оп.040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК;
- Оп.045 Мийна;
- Оп.050 Штампувальна;
- Оп.055 Слюсарна;
- Оп.060 Контрольна.

Схеми базування та поверхні, що обробляються, представлені на листі МВД.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

За даними табл.1.5 проводитиму розрахунок міжопераційних припусків за табличним методом для внутрішньої циліндричної поверхні розміром $\varnothing 369\text{H}8^{(+0,089)}$.

Таблиця 1.5 – Операційні припуски на механічну обробку деталі
«Кільце зовнішнє»

Розмір поверхонь, мм, та вид обробки	Точність обробки, квалітет	Шорсткість Ra, мкм	Операційні припуски, мм
Ø369H8 ^(+0,089)			
1.Заготовка		Ra 50	
2.Розточування чорнове	H13	6,3	1,75
3.Розточування н/чистове	H10	3,2	0,5
4.Розточування чистове	H8	0,8	0,25

Розрахуємо припуски та міжопераційні розміри для поверхні Ø369H8^(+0,089) мм.

Визначаємо мінімальні припуски $Z^{\min}$ за переходами [2, с.38]:

$$2\text{-й перехід: } 2Z_2^{\min} = 2 \cdot 1,75 = 3,5 \text{ мм;}$$

$$3\text{-й перехід: } 2Z_3^{\min} = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ мм;}$$

$$4\text{-й перехід: } 2Z_4^{\min} = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо номінальні припуски $Z^{\text{НОМ}}$ за переходами за формулою (1.18) [2, с.38]:

$$2Z_i^{\text{НОМ}} = es_{i-1} + 2Z_i^{\min}, \text{ мм.} \quad (1.18)$$

Матимемо:

$$2\text{-й перехід: } 2Z_2^{\text{НОМ}} = 0,8 + 3,5 = 4,3 \text{ мм;}$$

$$3\text{-й перехід: } 2Z_3^{\text{НОМ}} = 0,89 + 1 = 1,89 \text{ мм;}$$

$$4\text{-й перехід: } 2Z_4^{\text{НОМ}} = 0,23 + 0,5 = 0,73 \text{ мм.}$$

Визначаємо номінальні розміри $D^{\text{НОМ}}$ за переходами за формулою (1.19) [2, с.38]:

$$D_{i-1}^{\text{НОМ}} = D_i^{\text{НОМ}} - Z_i^{\text{НОМ}}, \text{ мм.} \quad (1.19)$$

Матимемо:

4-й перехід: $D_4^{\text{НОМ}} = 369 \text{ мм};$

3-й перехід: $D_3^{\text{НОМ}} = D_4^{\text{НОМ}} - Z_4^{\text{НОМ}} = 369 - 0,73 = 368,27 \text{ мм};$

2-й перехід: $D_2^{\text{НОМ}} = D_3^{\text{НОМ}} - Z_3^{\text{НОМ}} = 368,27 - 1,89 = 366,38 \text{ мм};$

1-й перехід: $D_1^{\text{НОМ}} = D_2^{\text{НОМ}} - Z_2^{\text{НОМ}} = 366,38 - 4,3 = 362,08 \text{ мм}.$

Визначаємо максимальні припуски Z^{max} за переходами враховуючи, що $Td_{\text{заг}} = 1,4 \text{ мм}$ – допуск заготовки, за формулою (1.20) [2, с.38]:

$$2Z_i^{\text{max}} = es_i + 2Z_i^{\text{min}} + Td_{i-1}, \text{ мм.} \quad (1.20)$$

Матимемо:

2-й перехід:

$$2Z_2^{\text{max}} = 0,89 + 3,5 + 1,4 = 5,79 \text{ мм};$$

3-й перехід:

$$2Z_3^{\text{max}} = 0,23 + 1 + 0,89 = 2,12 \text{ мм};$$

4-й перехід:

$$2Z_4^{\text{max}} = 0,089 + 0,5 + 0,23 = 0,819 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальний номінальний припуск $Z_0^{\text{НОМ}}$ як суму усіх номінальних припусків:

$$2Z_0^{\text{НОМ}} = 4,3 + 1,89 + 0,73 = 6,92 \text{ мм}.$$

Контрольне правило [2, с.42]:

$$1) D_4^{\text{HOM}} - D_1^{\text{HOM}} = 2Z_0^{\text{HOM}}:$$

$$369 - 362,08 = 6,92$$

$$6,92 \text{ мм} = 6,92 \text{ мм.}$$

$$2) 2Z_2^{\text{max}} - 2Z_2^{\text{min}} = Td_1 + Td_2:$$

$$5,79 - 3,5 = 1,4 + 0,89$$

$$2,29 \text{ мм} = 2,29 \text{ мм.}$$

$$3) 2Z_3^{\text{max}} - 2Z_3^{\text{min}} = Td_2 + Td_3:$$

$$2,12 - 1 = 0,89 + 0,23$$

$$1,12 \text{ мм} = 1,12 \text{ мм.}$$

$$4) 2Z_4^{\text{max}} - 2Z_4^{\text{min}} = Td_3 + Td_4:$$

$$0,819 - 0,5 = 0,23 + 0,089$$

$$0,319 = 0,319 \text{ мм.}$$

Висновок: контрольні правила збігаються; в таблицю 1.6 вносимо прийняті виконавчі розміри за переходами.

Таблиця 1.6 – Припуски та міжопераційні розміри для Ø369H8(+0,089):

Характеристика поверхні, МОП	Відхилення		Допуск Td, мм	Номінальний припуск $2Z^{\text{ном}}$, мм	Номінальний розмір $D^{\text{ном}}$, мм	Виконавчий розмір $D^{\text{вик}}$, мм	Припуск	
	es	ei					$2Z^{\text{max}}$	$2Z^{\text{min}}$
Поверхня внутрішня циліндрична Ø369H8(+0,089):								
1.Заготовка	+0,8	-0,6	1,4	-	Ø362,1	Ø362,1 ^{+0,8} _{-0,6}	-	-
2.Розточення чорнове	+0,89	0	0,89	4,3	Ø366,38	Ø366,4 ^{+0,89}	5,79	4,3
3.Розточення н/чистове	+0,23	0	0,23	1,89	Ø368,27	Ø368,3 ^{+0,023}	2,12	1,89
4.Розточення чистове	+0,089	0	0,089	0,73	Ø369	Ø369 ^{+0,089}	0,819	0,73

Розрахуємо припуски та міжопераційні розміри для зовнішньої поверхні Ø400h6(-0,36) мм розрахунково-аналітичним методом (РАМОП) за [2, с.57]. Визначимо показник Rz при значенні Ra: Ra50, отже Rz200.

За [5, табл.1, с.180] визначимо глибину дефектного шару h:

— для прокату нормальної точності: h = 400 мкм;

— для точіння чорнового: h = 120 мкм;

— для точіння напівчистового: h = 60 мкм;

— для точіння чистового: h = 30 мкм.

Визначимо показник відхилення форми та розташування за формулою (1.21) [2, с.57]:

$$q = \sqrt{q_{\text{зм}}^2 + q_{\text{кривиз}}^2}, \text{ мкм}, \quad (1.21)$$

де $q_{\text{зм}}$ – зміщення форми заготовки від номінальної: за [5, табл.3, с.180]

$$q_{\text{зм}} = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$q_{\text{кривиз}}$ – кривизна заготовки: на діаметрі кривизна для деталі кільце за

$$[5, \text{табл.3, с.180}] \text{ складає } q_{\text{кривиз}} = 0,7 \cdot 31 = 21,7 \text{ мм.}$$

$$q = \sqrt{600^2 + 21,7^2} = 600,4 \text{ мкм.}$$

За [5, табл.29, с.191] обираємо коефіцієнт уточнення K_{γ} для чорнового, напівчистового та чистового переходів:

- для чорнового переходу: $K_\gamma = 0,06$;
- для напівчистового переходу: $K_\gamma = 0,05$;
- для чистового переходу: $K_\gamma = 0,06$.

Розрахуємо показник відхилення форм та взаємного розташування для вищеназваних переходів за формулою (1.22) [5, с.180]:

$$q_n = K_\gamma \cdot q, \text{ мкм.} \quad (1.22)$$

Чорнове точіння:

$$q_n = 0,06 \cdot 600,4 = 36 \text{ мкм.}$$

Напівчистове точіння:

$$q_n = 0,05 \cdot 600,4 = 30 \text{ мкм.}$$

Чистове точіння:

$$q_n = 0,04 \cdot 600,4 = 24 \text{ мкм.}$$

Визначимо похибку установки у 3-ьох кулачковий патрон за даними [5, табл.13, с.42]:

- для чорнового: $\varepsilon = 200 \text{ мкм}$;
- для напівчистового: $\varepsilon = 120 \text{ мкм}$;
- для чистового: $\varepsilon = 60 \text{ мкм}$.

Розрахуємо остаточно значення мінімального припуску $2Z_i^{min}$ за формулою (1.23) [2, с.57]:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i-a} + h_{i-1} + \sqrt{q_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right), \text{ мкм.} \quad (1.23)$$

Отже, для чорнового матимемо:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(200 + 400 + \sqrt{600,4^2 + 120^2} \right) = 2424 \text{ мкм.}$$

Для напівчистового:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(50 + 120 + \sqrt{36^2 + 60^2} \right) = 480 \text{ мкм.}$$

Для чистового:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(25 + 60 + \sqrt{24^2 + 30^2} \right) = 247 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо максимальний припуск $2Z_i^{max}$ за формулою (1.24) [2, с.57]:

$$2Z_i^{max} = 2Z_i^{min} + Td_i + Td_{i+1}, \text{ мм,} \quad (1.24)$$

де Td_i – показник допуску на перехід, мм.

Для чорнового матимемо:

$$2Z_i^{max} = 2,424 + 1,4 + 1,4 = 5,224 \text{ мм.}$$

Для напівчистового матимемо:

$$2Z_i^{max} = 0,48 + 1,4 + 0,14 = 2,02 \text{ мм.}$$

Для чистового матимемо:

$$2Z_i^{max} = 0,247 + 0,14 + 0,39 = 0,777 \text{ мм.}$$

Розрахуємо номінальний припуск $2Z_i^{\text{НОМ}}$ за формулою (1.25) [2, с.57]:

$$2Z_i^{\text{НОМ}} = ei_i + 2Z_i^{\text{min}}, \text{ мм.} \quad (1.25)$$

Для чорнового: $2Z_2^{\text{НОМ}} = 0,6 + 2,424 = 3,024 \text{ мм.}$

Для напівчистового: $2Z_3^{\text{НОМ}} = 1,4 + 0,48 = 1,88 \text{ мм.}$

Для чистового: $2Z_4^{\text{НОМ}} = 0,14 + 0,247 + 0,265 = 0,652 \text{ мм.}$

Дані для номінального припуску представлені в таблиці 1.7:

Таблиця 1.7 – Остаточні дані номінального припуску $\varnothing 400\text{h}6_{(-0,36)}$

Характеристика поверхні, МОП	$2Z_i^{\text{НОМ}}, \text{ мм}$
Поверхня зовнішня $\varnothing 400\text{h}6_{(-0,36)}$	
1.Заготовка	-
2.Розточення чорнове	3,024
3.Розточення н/чистове	1,88
4.Розточення чистове	0,652

Розрахунок номінального діаметру $D^{\text{НОМ}}$ за формулою (1.26) [2, с.39]:

$$D^{\text{НОМ}} = D_i^{\text{НОМ}} - 2Z_i^{\text{НОМ}}, \text{ мм,} \quad (1.26)$$

де $D_i^{\text{НОМ}}$ – номінальний діаметр за переходами.

Для заготовки $D_1^{\text{НОМ}} = 406 \text{ мм.}$

Для чорнового точіння: $D_2^{\text{НОМ}} = 406 - 3,024 = 402,976 \text{ мм.}$

Для напівчистового точіння: $D_3^{\text{НОМ}} = 402,976 - 1,88 = 401,096 \text{ мм.}$

Для чистового точіння: $D_4^{\text{НОМ}} = 401,096 - 0,652 = 400,444 \text{ мм.}$

Загальні значення представлені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Результати розрахунків отримані за допомогою РАМОП для $\varnothing 400\text{h}6_{(-0,36)}$

Характеристика	Відхилення	Складові припуску,	Ном.		Припуск, мкм
----------------	------------	--------------------	------	--	--------------

поверхні, МОП			мкм				розм. $D^{\text{ном}}$, мм	Викон. розм. $D^{\text{вик}}$, мм		
	es	ei	Rz	h	q	ε			$2Z_i^{\text{max}}$	$2Z_i^{\text{min}}$
Поверхня зовнішня $\varnothing 400h6_{(-0,36)}$										
1.Заготовка	+0,8	-0,6	200	400	600	200	$\varnothing 406$	$\varnothing 406^{+0,8}_{-0,6}$	-	-
2.Розточення чорнове	0	-1,4	50	120	36	120	$\varnothing 402,976$	$\varnothing 403_{-1,4}$	5,224	2424
3.Розточення н/чистове	0	-0,14	25	60	30	60	$\varnothing 401,096$	$\varnothing 402_{-0,14}$	2,02	480
4.Розточення чистове	0	-0,36	8	30	24	30	$\varnothing 400,444$	$\varnothing 400_{-0,36}$	0,777	247

1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання проводиться для другого токарного переходу на Оп.025 Токарна з ЧПК для поверхні з розміром $\varnothing 363,9^{+1,4}$ мм та для Оп. 040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК, до складу якої входить три переходи: центрувальна, свердлильна та фрезерна.

1.6.1 Розрахунок режимів різання для токарного переходу

Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК SPINNER TC 800-77. Ескіз представлено на рис. 1.4. Розрахунок проводитиму для переходу – внутрішнє розточування (поверхня 1).

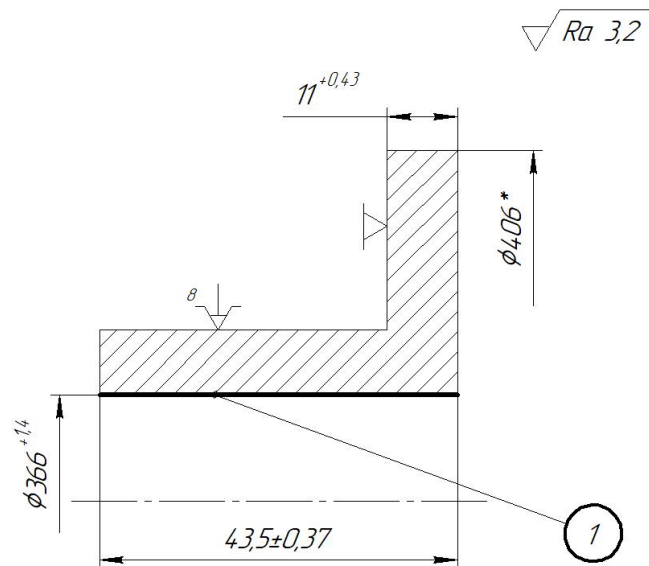


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз деталі

Розточується отвір $\varnothing 366^{+1,4}$ мм з витримкою розміру $43,5 \pm 0,07$ на Оп.020 Токарна з ЧПК.

Ріжучий інструмент, його матеріал та геометрію призначаємо в залежності від матеріалу деталі – сталь 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77. Різець розточний 20×25, L = 150 з ромбічною пластиною DNMХ-НТ ($\varphi=93^\circ$, $\gamma=15^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $D_i = 12,7$; l = 15, r = 0,5) матеріал SUMO TEC 807 з покриттям TiAlN PVD [17, табл.14, с.123].

Припуск на обробку h, мм підраховується за формулою (1.27) [17, с.265]:

$$h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (1.27)$$

де d – діаметр заготовки, мм: d = 364 мм;

D – діаметр отвору, мм: D = 366 мм.

$$h = \frac{366 - 364}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Глибину різання знаходимо за допомогою формули (1.28) [17, с.265]:

$$t = \frac{h}{i}, \text{ мм}, \quad (1.28)$$

де h – припуск на механічну обробку: $h = 1$ мм;

i – кількість проходів: $i = 2$.

$$t = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Подача на оберт S_o , мм/об призначається в залежності від: діаметру деталі: до 400 мм; розміру державки різця: 20×25 мм; матеріалу, що оброблюється: сталь 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77. Глибина різання до 2 мм; подача приймається: $S_o = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання V_u розраховується за формулою (1.29) [17, с.265]:

$$V_U = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} \cdot K_V, \text{ м/хв}, \quad (1.29)$$

де C_V , m , x , y – стандартні показники обираються за [17, табл.17, стор.269];

T – стійкість різця, хв.

Розрахунок поправних коефіцієнтів: K_V – поправочний коефіцієнт розраховується за формулою (1.30) [17, с.265]:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_1, \quad (1.30)$$

де K_r – коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності,

по [17, табл.18, с.271]: $K_r = 0,8$; $n_v = 0,9$; $\sigma = 900$ МПа;

K_{mv} – коефіцієнт що враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу деталі на швидкість різання:

K_{nv} – коефіцієнт що враховує стан поверхні заготовки за [17, табл.18, с.271];

K_{uv} – коефіцієнт що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання;

K_r – коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності за [17, табл.18, с.271];

K_1 – поправочний коефіцієнт, швидкості різання при розточуванні:

$K_{nv} = 0,8$ – заготовка поковка з нормальною коркою;

$K_{uv} = 1,0$ – для матеріалу ріжучої пластини – ВК8 та матеріалу,
що оброблюється – сталі 07Х12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77.

Значення: $K_1 = 0,9$; $C_v = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $T = 100$.

K_{mv} – поправочний коефіцієнт розраховується за формулою (1.31)

[17, табл.1 с.261]:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma} \right)^{nv} \quad (1.31)$$

Підставимо усі відомі значення у формулу (1.30) – (1.31).

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,72,$$

$$V_U = \frac{350}{100^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,72 = 134 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя n визначається за формулою (1.32) [17]:

$$n = \frac{1000 \cdot V_U}{\pi \cdot d_{max}}, \text{ об/хв,} \quad (1.32)$$

де V_U – швидкість різання, м/хв;

d_{max} – діаметр внутрішньої поверхні до точіння, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 134}{3,14 \cdot 364,8} = 117 \text{ об/хв.}$$

Дійсна частота обертання n_d приймається з паспорту верстата
 $n_d = 100 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання V_d розраховується за формулою (1.33)

[17, с.265]:

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{max}} \cdot n_{\text{пр}}}{1000}, \text{ м/хв}, \quad (1.33)$$

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 364,8 \cdot 100}{1000} = 114,5 \text{ м/хв}.$$

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.34) [5]:

$$L = l_{\text{вріз}} + l_{\text{різ}}, \text{ мм}, \quad (1.34)$$

де $l_{\text{вріз}}$ – довжина врізання: $l_{\text{вріз}} = 20 \text{ мм}$;

$l_{\text{різ}}$ – довжина різання: $l_{\text{різ}} = 43,5 \text{ мм}$.

$$L = 20 + 43,5 = 63,5 \text{ мм}.$$

Визначаємо основний час за формулою (1.35) [12, с.23]:

$$t_o = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ хв}. \quad (1.35)$$

$$t_{o2} = \frac{63,5}{100 \cdot 0,6} = 1,05 \text{ хв}.$$

1.6.2 Розрахунок режимів різання для свердлильного переходу

Розрахую режими різання для свердління Оп. 040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК, що проводиться на вертикально-фрезерному станку з ЧПК VC750.

Перехід свердління складається з двох підпереходів: центрування та свердління отворів $\varnothing 6^{+0,18} \text{ мм}$ (поверхня 1).

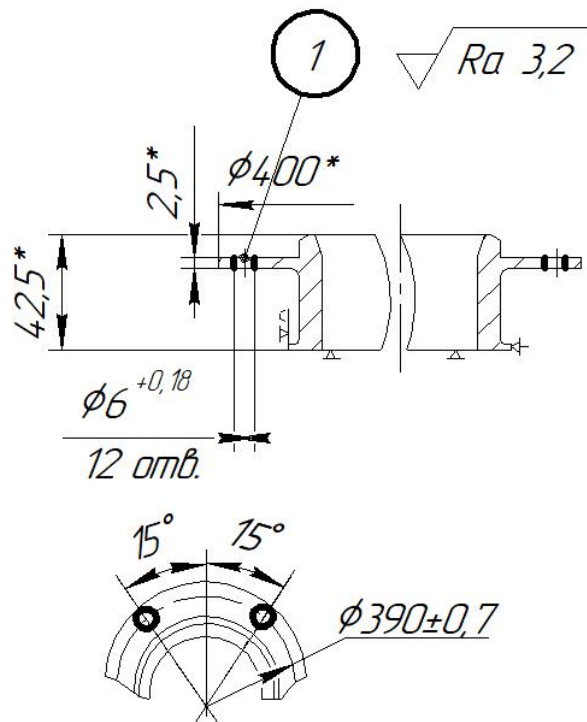


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз свердлильного переходу

Центрувати 12 отворів з витримкою розміру $\varnothing 3^{+0,25}$ на глибину $1,5^{+0,25}$ мм. Ріжучий інструмент: свердло центровальне Delta-с R415,5-0400-30-8C0 D_c-3, $dm_m = 4$, $2\varphi = 90^\circ$ HWSM30 покриття GC1040TiN ISO 9001 [17, табл.40, с.137]. Глибина різання t підраховується за формулою (1.28) [5, с.282]:

$$t = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

Для свердла діаметром 3 мм та обробки незагартованої легованої сталі подача становить $f_n = 0,08$. Швидкість різання для легованої сталі при подачі інструмента 0,08 мм/об дорівнює $v_c = 40$ м/хв.

Розраховується частота обертання шпинделя за формулою (1.32) [17, с.276]:

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 3} = 4246 \text{ об/хв.}$$

Оскільки регулювання швидкості обертання шпинделя безступінчасте, то показник $n_d = 4000$ об/хв. Однак, виходячи з параметру стійкості інструмента слід зменшити n_d до значення 1500 об/хв.

Дійсна швидкість різання розраховується за формулою (1.33) [17, с.276]:

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 4000}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача v_f розраховується за формулою (1.36) [5, с.282]:

$$v_f = n \cdot f_{\text{п}}, \text{ мм/хв,} \quad (1.36)$$

$$v_f = 4000 \cdot 0,08 = 320 \text{ мм/хв.}$$

Оскільки регулювання хвилинної подачі безступінчасте, то дійсна хвилина подача $v_{f,d} = 320$ мм/хв. Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.31):

$$L = 2 + 1 = 3 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.35):

$$t_o = \frac{3}{4000 \cdot 0,08} = 0,01 \text{ хв.}$$

Далі відбувається свердління 12 отворів витримуючи розмір $\text{Ø}5^{+0,3}$ мм.

Ріжучий інструмент – свердло спіральне Delta-с R415.5-0400-30-8C0

$D_c=5$, $d_{m_m}=6$, $l_2=66$, $l_4=17$, $l_6=24$, $2\varphi=90^\circ$, HWSM30 покриття GC1040TiN ISO 9001 [17, табл.40, с.137].

Глибина різання a_p підраховується за формулою (1.27):

$$t = \frac{6}{2} = 3 \text{ мм.}$$

Для даного свердла $\varnothing 3$ мм та обробки незагартованої легованої сталі подача становить $f_n = 0,08$. Швидкість різання для легованої сталі при подачі інструмента $0,08$ мм/об дорівнює $v_c = 40$ м/хв.

Розраховується частота обертання шпинделя за формулою (1.32):

$$n = \frac{40 \cdot 1000}{3,14 \cdot 6} = 2123 \text{ об/хв.}$$

Оскільки регулювання швидкості обертання шпинделя безступінчасте, то дійсна швидкість $n_d = 2000$ об/хв. Виходячи з показника стійкості інструмента частоту обертання шпинделя рекомендовано зменшити до 1000 об/хв. Дійсна швидкість різання розраховується за формулою (1.33):

$$V_{\text{факт}} = \frac{2000 \cdot 5 \cdot 3,14}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача v_f розраховується за формулою (1.36):

$$v_f = 2000 \cdot 0,08 = 160 \text{ мм/хв.}$$

Оскільки регулювання хвилинної подачі безступінчасте, то дійсна хвилина подача $v_{f,d}$ становитиме $v_{f,d} = 160$ мм/хв.

Довжина робочого ходу L визначається за формулою (1.34):

$$L = 2 + 2,5 + 2 = 6,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.32):

$$t_o = \frac{6,5}{2000 \cdot 0,08} = 0,04 \text{ хв.}$$

Сумарний час на виконання свердлильної операції складається з часу на центрування та свердління одного отвору. Матимемо сумарний час на виконання переходу (T_{Σ}): $T_{\Sigma} = 0,01 + 0,04 = 0,05$ хв. Сумарний час для 12 отворів відповідно складатиме $T_{\Sigma} = 0,6$ хв.

1.6.3 Розрахунок режимів різання для фрезерного переходу

Ескіз фрезерного переходу Оп. 040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК представлено на рис. 1.6.

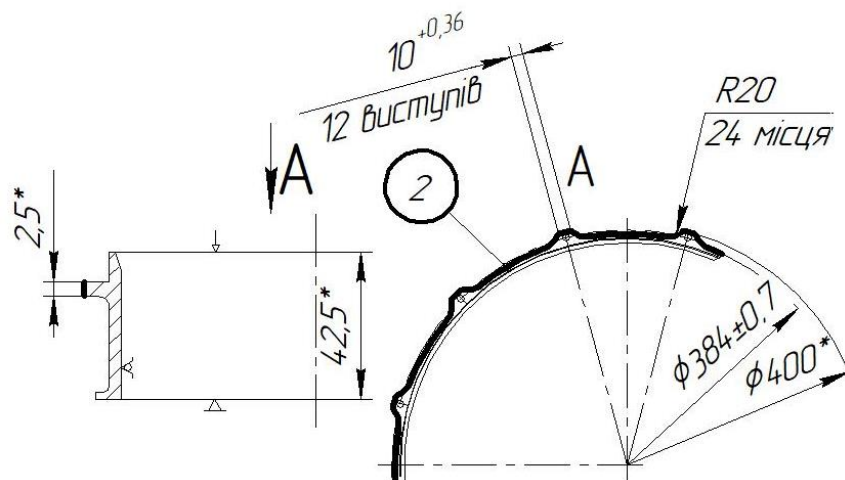


Рисунок 1.6— Ескіз фрезерного переходу

Фрезерувати 24 виступи R20 та 12 виступів $b = 10^{+0,36}$ з обов'язковою витримкою розміру $\varnothing 384 \pm 0,7$ (поверхня 2). Інструмент: фреза кінцева Т-

MAX R215,3 V 63-64 L = 81, l = 63, z = 3, D_c = 12, φ = 90°, пластина SBMW 06 T3 PZ 04 R-WM ISO 9001 [17, табл.65, с.174].

Вибираємо глибину різання t та ширину фрезерування B за [17, с.282]:
B = 2,5 мм; t = 8 мм. Подача на зуб f_z для фрези T-MAX R215,3 V 63-64 становить f_z = 0,04 мм/зуб. Швидкість різання v_c для фрези становить v_c = 260 м/хв.

Розраховується частота обертання шпинделя за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 260}{3,14 \cdot 12} = 6900 \text{ об/хв.}$$

Регулювання швидкості обертання шпинделя безступінчасте; дійсна швидкість n_д = 6000 об/хв. Виходячи з показника стійкості інструмента частоту обертання шпинделя рекомендовано зменшити до 1500 об/хв.

Дійсна швидкість різання розраховується за формулою (1.33):

$$V_{\text{факт}} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 6000}{1000} = 226 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача v_f розраховується за формулою (1.37) [5, с.282]:

$$V_f = z_n \cdot n \cdot f_z, \text{ мм/хв.} \quad (1.37)$$

$$V_f = 4 \cdot 6000 \cdot 0,04 = 960 \text{ мм/хв.}$$

Оскільки регулювання хвилинної подачі безступінчасте, то дійсна хвилина подача v_{f,д} = 900 мм/хв.

Розрахунок довжини робочого ходу за формулою (1.34):

$$L_{P.X.} = 2 + 1320 + 1 = 1323 \text{ мм.}$$

Розрахунок основного часу для фрезерування за (1.38) [12, с.23]:

$$t_o = \frac{L}{V_f}, \text{хв}, \quad (1.38)$$

$$t_o = \frac{1323}{900} = 1,47 \text{ хв.}$$

В табл.1.9 представлена значення режимів різання для деталі Кільце зовнішнє на 5 операцій

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця режимів різання

Перехід	t, мм	п, об/хв	V _{факт} , м/хв	f, мм/об (для фрези: мм/зуб)	L, мм
Оп.020 Токарна з ЧПК					
1	0,6	160	202,9	1	34
Оп.025 Токарна з ЧПК					
1	0,5	800	220	0,25	45
2	0,5	800	250	0,15	45
Оп.030 Токарна з ЧПК					
1	0,5	800	280	0,8	56
2	0,5	800	260	0,8	70
Оп.040 Токарна з ЧПК					
1	1,5	4000	37,7	0,08	3
2	2,5	2000	31,4	0,08	6,5
3	8	6000	226	0,04	1323
Оп.050 Штампувальна					
1	1,25	-	50	-	2500

1.7 Технічне нормування операцій

Розрахунок технічного нормування проводитиме для операції 040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК, що складається з 3-ьох переходів за [12].

Сумарний основний час для операції 040 за формулою (1.39):

$$t_{\Sigma 0} = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3}, \quad (1.39)$$

$$t_{\Sigma 0} = 0,72 + 1,47 = 2,19 \text{ хв.}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.40) [12, с.45]:

$$t_d = t_{\text{уст/зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{ш.в}} + t_{\text{ш.п}} + t_{\text{зам.інстр}} + t_{\text{контр.}}, \text{ хв}, \quad (1.40)$$

де $t_{\text{уст/зн}}$ – час на установку та зняття деталі;

$t_{\text{ш.в.}}$ – швидке відведення інструмента;

$t_{\text{ш.п.}}$ – швидке підведення інструмента;

$t_{\text{зам.інстр}}$ – заміна інструмента;

$t_{\text{контр}}$ – час на контроль деталі, що розраховується за формулою (1.41)

[12, с.45]:

$$t_{\text{контр}} = k \cdot t_{\text{к.в}}, \text{ хв}, \quad (1.41)$$

де k – коефіцієнт періодичності: $k = 0,5$;

$t_{\text{к.в}}$ – контрольні вимірювання;

$t_{\text{кер}}$ – час на керування верстатом; розраховується за (1.42) [12, с.45]:

$$t_{\text{кер}} = t_{\text{вмик/вимк}} \cdot i + t_{\text{пер.с}} \cdot j + t_{\text{пер.п}} \cdot k + t_{\text{ш.від стр}} \cdot m, \text{ хв}, \quad (1.42)$$

де i, j, k, m – коефіцієнти кількості виконання даної операції;

$t_{\text{вкл/выкл}}$ – час на вмикання та вимикання станка;

$t_{\text{пер.с}}$ – час на налаштування подачі;

$t_{\text{пер.п}}$ – час на налаштування обертів;

$t_{\text{ш. від стр.}}$ – підйом та опускання щитка від стружки;

Додатково при розрахунку нормування допоміжного часу для середньосерійного виробництва використовується коефіцієнт k_0 , що дорівнює 1,85 [13, с.101].

Дані для розрахунку часу на керування станком:

а) $t_{\text{уст/зн}} = 0,06 \cdot 1,85 = 0,11$ хв [12, табл.5.6, с.199];

б) $t_{\text{вмик/вимк}} = 0,01 \cdot 1,85 = 0,0185$ хв [12, табл.5.8, с.208];

в) $t_{\text{пер.с}} = t_{\text{пер.п}} = 0,04$ хв [13, к.64, с.442];

г) $t_{\text{ш.від стр}} = 0,16$ хв [13, к.64, с.442].

Отже, підставимо усі відомі значення до формули (1.42):

$$t_{\text{кер}} = 0,0185 \cdot 2 + 0,04 \cdot 1 + 0,04 \cdot 1 + 0,16 \cdot 2 = 0,44 \text{ хв.}$$

Дані для розрахунку допоміжного часу:

а) $t_{\text{ш.п.}} = t_{\text{ш.в}} = (0,04 + 0,04) \cdot 1,85 = 0,148$ хв [12, табл.5.8, с.203];

б) $t_{\text{к.в1}} = 0,21 \cdot 1,85 = 0,38$ хв – контроль деталі після обробки виконується штангенциркулем [12, табл.5.16, с.209].

Сумарне значення контрольних вимірювань: $t_{\text{к.в.1}} = 0,38$ хв.

Підставимо усі відомі значення у формулу (1.41):

$$t_{\text{контр}} = 0,5 \cdot 0,38 = 0,19 \text{ хв.}$$

Час на зміну інструмента:

а) $t_{\text{зм.інстр}} = 0,03 \cdot 1,85 = 0,055$ хв. [12, табл.5.18, с.209].

Підставимо усі відомі значення у формулу (1.40):

$$t_{\text{д}} = 0,11 + 0,44 + 0,148 + 0,055 + 0,19 = 0,943 \text{ хв.}$$

Розрахунок штучного часу проводитиму за формулою (1.43) [12, с.46]:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_d + t_{\text{приб}}, \text{ хв}, \quad (1.43)$$

де $t_{\text{приб}}$ – додатковий час, що розраховується за формулою (1.44) [12, с.35]:

$$t_{\text{приб}} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_o, \quad (1.44)$$

де α_{Σ} – норматив час на техобслуговування станка, організацію та обслуговування робочого місця, особисті потреби тощо [13, табл.6.1, с.214];

Приймаю $\alpha_{\Sigma} = 7 \%$. Підставляю значення у формулу (1.43):

$$t_{\text{шт}} = 2,19 + 0,943 + 0,07 \cdot 2,61 = 3,31 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час розраховую за формулою (1.45) [12, с.47]:

$$t_{\text{п-з}} = t_{\text{п-з1}} + t_{\text{п-з2}}, \text{ хв}, \quad (1.45)$$

де $t_{\text{п-з1}}$, $t_{\text{п-з2}}$, $t_{\text{п-з3}}$ – підготовчо-завершальний час при роботі на станках фрезерної групи [13, табл.6.5, с.217]:

$$t_{\text{п-з1}} = 12 \text{ хв}, t_{\text{п-з2}} = 4 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{п-з}} = 12 + 4 = 16 \text{ хв.}$$

Розрахунок штучно-калькуляційного часу за формулою (1.46) [12, с.23]:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n}, \text{ хв}, \quad (1.46)$$

де n – об'єм партії: $n = 100$ деталей:

$$t_{\text{шт-к}} = 3,31 + \frac{16}{100} = 3,47 \text{ хв.}$$

Розрахунок норми вироблення продукції у зміну для серійного виробництва за формулою (1.47) [12]:

$$q_{зм} = \frac{f_{зм}}{t_{шт-к}}, \quad (1.47)$$

де $f_{зм}$ – тривалість зміни; приймаю $f_{зм} = 480$ хв:

$$q_{зм} = \frac{480}{3,47} = 123,3 \approx 123 \text{ деталей за зміну.}$$

В таблиці 1.8 представлені значення норм часу для 5-ти операцій.

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця значень норм часу

Операції	t_0 , хв	t_d , хв	$t_{шт}$, хв	$t_{п-з}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
020 Токарна з ЧПК	6	0,9	3,7	12	6,5
025 Токарна з ЧПК	2,1	0,7	2,6	17	4,6
030 Токарна з ЧПК	4,3	0,64	2,5	13	7,1
040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК	2,19	0,943	3,31	16	3,47
050 Штампувальна	30	5,6	13	29	15,6

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивному верстаті з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції

На рисунку 1.7 зображено деталь з траєкторією руху інструмента і опис операції у G-коді для другого токарного переходу на Оп.025 Токарна з ЧПК: внутрішнє розточування.

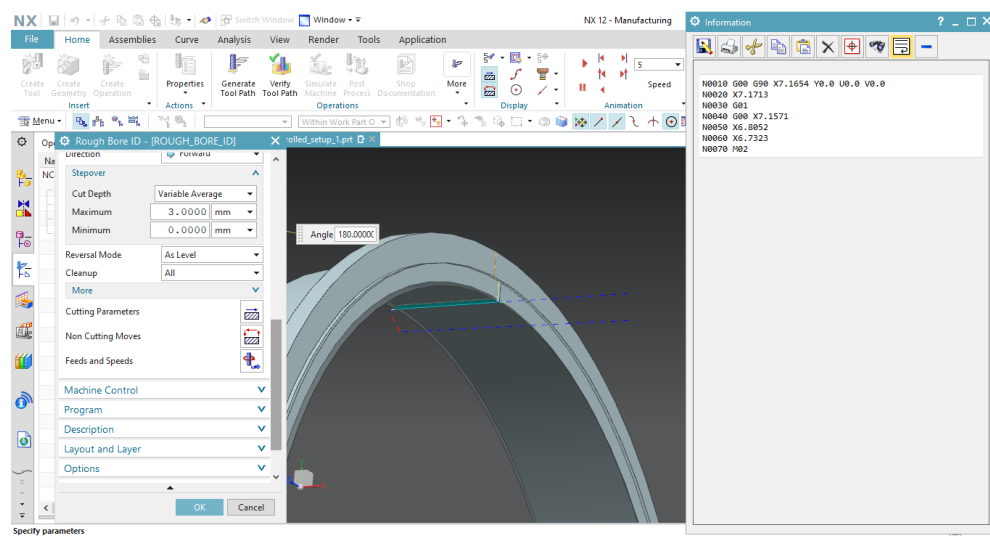


Рисунок 1.7 – Візуалізація внутрішнього розточування

1.8.2 Розробка свердильної операції

На рисунку 1.8 зображено деталь з траєкторією руху інструмента і опис операції у G-коді для центрального переходу Оп.40 Фрезерно-свердильна з ЧПК.

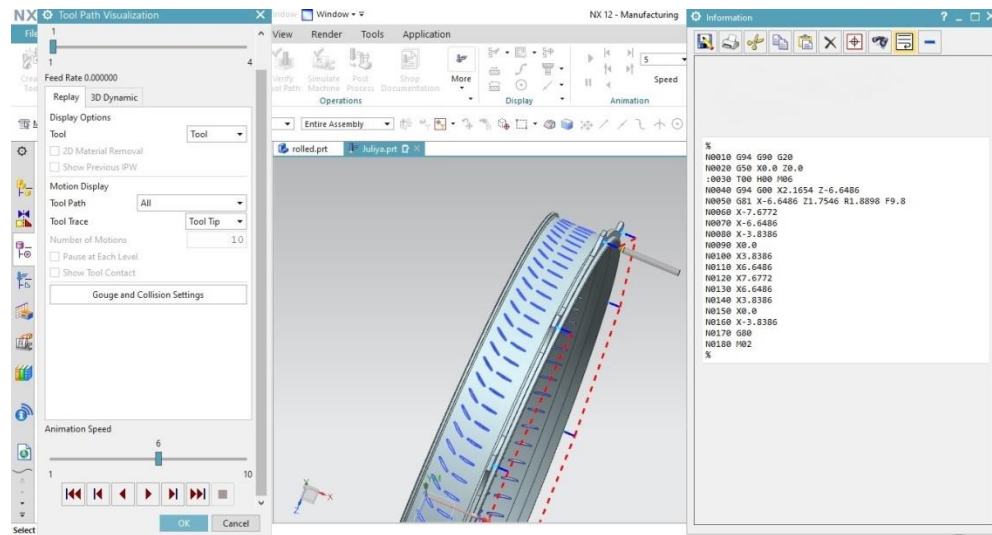


Рисунок 1.8 – Траєкторія та програма центрального переходу в NX12

На рисунку 1.9 зображено деталь з траєкторією руху інструмента і опис операції у G-кодах для свердлильного переходу Оп.40 Фрезерно-свердлильна з ЧПК.

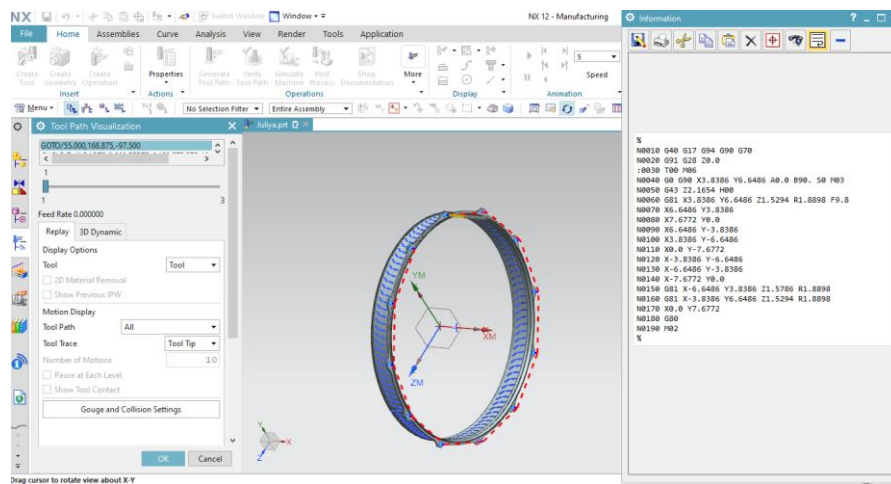


Рисунок 1.9 – Траєкторія та програма свердлильної операції в NX12

1.8.3 Розробка фрезерної операції

На рисунку 1.10 зображено деталь з траєкторією руху інструмента і опис операції у G-коді для фрезерного переходу Оп.40 Фрезерно-свердлильна з ЧПК.

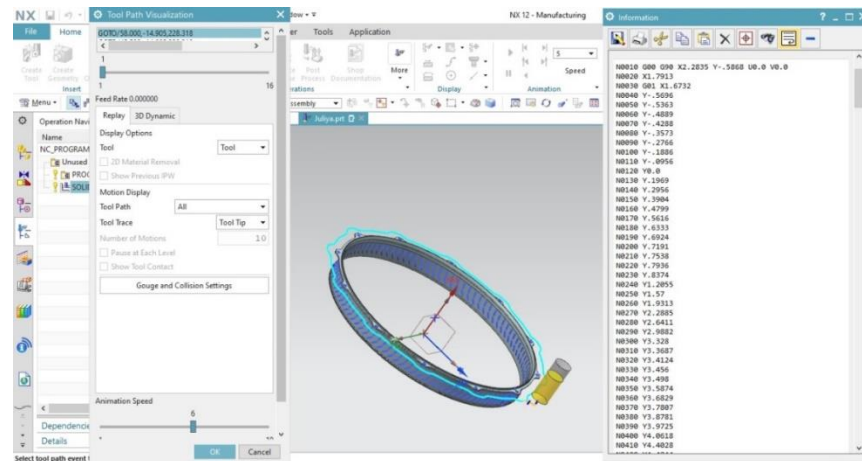


Рисунок 1.10 – Траєкторія та програма фрезерної операції у NX12

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принципи роботи пристосування

Пристосування проектується для Оп. 040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК.

Кільце зовнішнє ставиться на плиту (поз.1), упирається внутрішнім діаметром до кільця (поз.2), що закріплюється на плиті за допомогою 18-ти гвинтів (поз.11), та притискається вісьмома прихватами (поз.6), що розташовані рівномірно по колу.

Плита встановлена на 4 шпонки (поз.12), що закріплені за допомогою гвинтів (поз.13).

Прихвати упираються до торцю деталі та кріпляться до плити гайкою, шайбою та гвинтом (поз.3, 4 та 5 відповідно). За допомогою опори (поз.7) прихват не зрушує з місця під час обробки. Опора кріпиться до плити за допомогою гайки (поз.8) та шайби (поз.9).

Уся конструкція пристосування разом із деталлю встановлюється на вертикально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК VC750. Ескіз робочого пристосування представлено на рисунку 2.1.

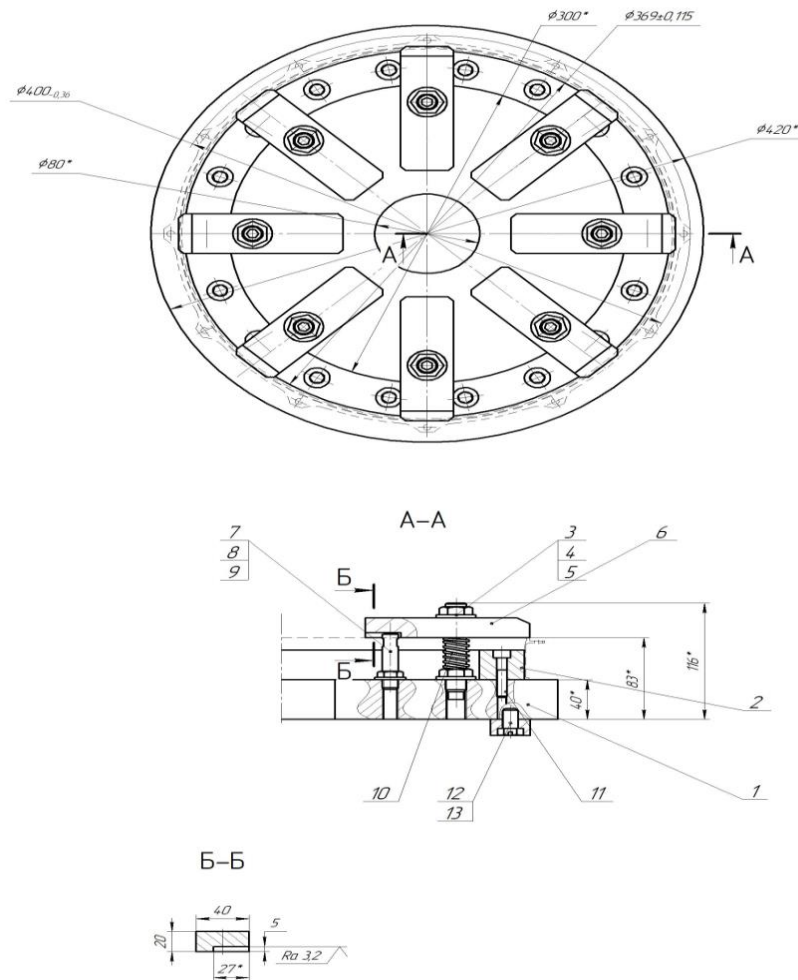


Рисунок 2.1 – Ескіз робочого пристосування

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

Необхідно наголосити на тому, що Оп. 040 Фрезерно-свердлильна з ЧПК складається з 3 переходів: центрування, свердління та фрезерування. Приймаю до уваги той факт, що саме під час фрезерування деталь піддається більшому навантаженню, аніж під час центрування та свердління, тому в подальшому розрахунки точності та сили затиску проводитиму використовуючи фрезерування в якості основного чинника зусилля на деталь під час обробки.

Сума похибок базування та закріплення визначає загальну похибку установки. Розраховується за формулою (2.1) [1, с.128]:

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

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування, мм;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення, мм.

Для заданої схеми базування кільця (рис. 2.2) похибка базування $\varepsilon_{\text{баз}}$ розраховуватиметься за формулою (2.2) [1, с.129]:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}}, \text{ мм}, \quad (2.2)$$

де S_{max} – максимальне значення зазору між отвором та пальцем.

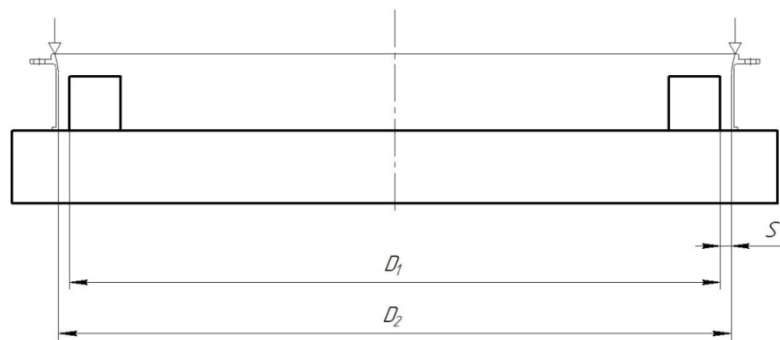


Рисунок 2.2 – Схема базування «кільця зовнішнього»

Розмір, який контролюється при обробці: $\varnothing 384 \pm 0,7$ мм. Допуск на цей розмір дорівнює $T_d = 1,4$ мм.

Допуск на розмір отвору деталі $\varnothing 369^{+0,089}$ мм: $T_{d1} = 0,089$ мм; допуск на діаметр кільця $\varnothing 369js10(^{+0,115}_{-0,115})$ мм: $T_{d2} = 0,23$ мм. На рис. 2.3 зображена схема полів допуску для складання по внутрішньому діаметру деталі та зовнішнього діаметра площини притискання.

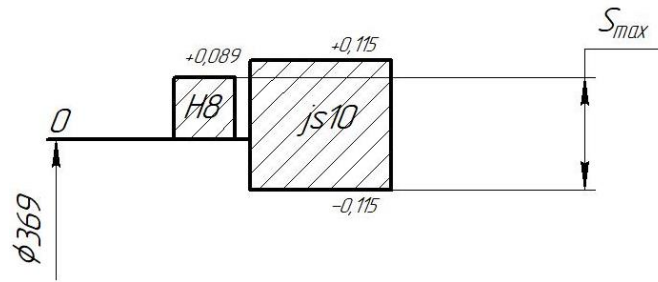


Рисунок 2.3 – Схема полів допуску на діаметри

За рис.2.2 максимальне значення зазору між внутрішнім отвором деталі та кільцем дорівнюватиме: $S_{\max} = 0,089 + 0,115 = 0,204$ мм. Отже похибка базування становитиме $\varepsilon_{\text{баз}} = 0,204$ мм. Похибка базування входить в допуск контрольованого розміру $T_d = 1,4$ мм.

Похибка закріплення визначається за [11, т.4.2е, стор.137] і дорівнює $\varepsilon_{\text{закр}} = 0,15$ мм.

Підставивши усі відомі значення до формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,204^2 + 0,15^2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Для забезпечення необхідної точності обробки деталі при конструюванні пристосування необхідно обрати таку схему, за якою буде виконуватися умова (2.3):

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{дод}}, \text{ мм,} \quad (2.3)$$

де $\varepsilon_{\text{дод}}$ – додатне значення похибки, що розраховується за формулою (2.4) [6]:

$$\varepsilon_{\text{дод}} = \delta - \omega, \text{ мм,} \quad (2.4)$$

де $\delta = 1,4$ мм – допуск розміру, що треба витримувати під час обробки;

$\omega = 0,1$ мм – середня економічна точність обробки поверхні, що

виходить на операції фрезерування [1, табл.В6, с.31].

$$\varepsilon_{\text{дод}} = 1,4 - 0,1 = 1,3 \text{ мм.}$$

Дійсне значення похибки базування $\varepsilon_{\text{баз}} = 0,204$ мм. Отримаємо:
 $0,204 \leq 1,4$ ($\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{дод}}$). Необхідна умова точності виконується. Сумарна похибка обробки на пристосуванні $\varepsilon_{\text{ПР}}$ визначається за формулою (2.5) [1, стор.162]:

$$\sum \varepsilon_{\text{ПР}} = k_1 \cdot \varepsilon_{\text{баз}} \cdot \varepsilon_{\text{закр}} + k_2 \cdot \omega + T_{\text{пр}}, \text{ мм}, \quad (2.5)$$

де $T_{\text{пр}}$ – допуск на виготовлення пристосування: $T_{\text{пр}} = 0,1$ мм;

k_1 – коефіцієнт, що враховує відхилення позиціонування значень складових величин від знаку нормального розподілу: $k_1 = 0,8$;

k_2 – коефіцієнт зменшення величини ω , яким враховується доля похибок обробки, які визиваються факторами, що не залежать від пристосування: $k_2 = 0,6$;

ω – середня економічна точність обробки поверхні, що виходить на операції фрезерування: $\omega = 0,1$ мм [1, т. В6, стор. 31];

$\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування: $\varepsilon_{\text{баз}} = 0,204$ мм.

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення: $\varepsilon_{\text{закр}} = 0,15$ мм [1, т.4.2в, стор.136].

Для забезпечення необхідної точності обробки необхідно дотримуватися умови (2.6) [1, стор.162]:

$$\sum \varepsilon_{\text{ПР}} \leq Td, \text{ мм}. \quad (2.6)$$

Підставимо усі відомі значення у формулу (2.5):

$$\sum \varepsilon_{\text{ПР}} = 0,8 \cdot 0,204 \cdot 0,15 + 0,6 \cdot 0,1 + 0,1 = 0,184 \text{ мм}.$$

Умова (2.6) виконується: $0,184 \leq 1,4$. Пристосування точне.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок сили різання, обертового моменту та ефективної потужності для фрезерування контуру.

Сила різання для фрезерування визначається за формулою (2.7) [17, с.282]:

$$P_z = \frac{10C_P t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} \cdot K_{MP}, \text{ Н}, \quad (2.7)$$

де t – глибина різання: $t = 8$ мм;

s – подача: $s = 0,04$ мм/об;

B – ширина фрезерування: $B = 2,5$ мм;

z – кількість зубців фрези: $z = 3$;

n – частота: $n = 6000$ об/хв;

D – діаметр фрези; $D = 12$ мм.

Визначаємо коефіцієнти та показники ступенів [20, т. 41, стор. 291]:

$C_P = 218$; $x = 0,92$; $y = 0,78$; $n = 1,0$; $q = 1,15$; $w = 0$.

Коригувальний коефіцієнт визначається за формулою (2.8) [17, табл.1 с.261]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.8)$$

де σ_B – границя пружності при розтягуванні; $\sigma_B = 900$ МПа;

n – показник ступеню при визначенні колової сили різання P_z при фрезеруванні [20, т. 9, с. 264].

Підставимо значення у формулу (2.8):

$$K_{MP} = \left(\frac{900}{750} \right)^{0,3} = 1,05.$$

Отримане значення K_{MP} підставимо у формулу (2.7):

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 8^{0,92} \cdot 0,04^{0,78} \cdot 2,5^1 \cdot 3}{12^{1,15} \cdot 6000^0} \cdot 1,05 = 534,4 \text{ Н.}$$

Обертальний момент визначимо за формулою (2.9) [17, с.290]:

$$M_{KP} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.9)$$

де D – діаметр фрези.

$$M_{KP} = \frac{534,4 \cdot 12}{200} = 32 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою (2.10) [17, с.290]:

$$N_{EF} = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}, \quad (2.10)$$

де V – швидкість різання: $V = 226 \text{ мм/хв.}$

$$N_{EF} = \frac{534,4 \cdot 226}{1020 \cdot 60} = 1,97 \text{ кВт.}$$

Далі визначимо коефіцієнт запасу сил затискання за [5,стр.85]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.11)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок випадкових нерівностей на поверхні, що оброблюється;

$k_2 = 1,6$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при зношуванні інструмента;

$k_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує умови змінної обробки;

$k_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що характеризує затискний прилад

з точки зору сталості сил;

$k_5 = 1$ – коефіцієнт, що характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення;

$k_6 = 1$ – коефіцієнт, що залежить від наявності обертальних моментів та виду поверхні пристосування.

Визначимо коефіцієнт запасу k :

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 3,12.$$

Активна сила різання P_z намагатиметься змістити заготовку. У протидію їй дві сили тертя (T) направлені в протилежну сторону і знаходяться в точках контакту поверхні деталі з кільцем (рис. 2.4). Дія сили P_y при складанні рівняння рівноваги не враховується та компенсується значенням коефіцієнта $k_0 = 1,5$.

Складаю рівняння рівноваги сил відносно осі X :

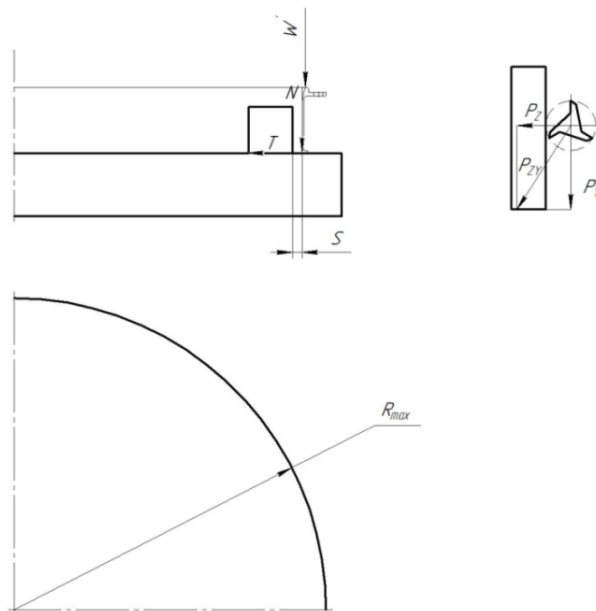


Рисунок 2.4 – Схема прикладених сил при фрезерування контуру

$$k \cdot \sum M_{\text{акт}0} - \sum M_{\text{пр}0} = 0, \quad (2.11)$$

де $\sum M_{\text{акт}0}$ – сума моментів активних сил: розраховується

за формулою (2.12):

$$\sum M_{\text{акт}0} = P_z \cdot (R_{\text{max}} - S_{\text{max}}), \text{ Н}, \quad (2.12)$$

де R_{max} – найбільший радіус заготовки, по якому вписується в коло, мм;

S_{max} – товщина слою, що знімається фрезою, мм.

Сили тертя $T_1 = T_2 = T$ в точках контакту обох пальців з поверхнею деталі, тому сума моментів протидіючих сил розраховується за формулою (2.13):

$$\sum M_{\text{пр}0} = 2T \cdot R_{\text{max}}, \text{ Н}. \quad (2.13)$$

Рівняння суми моментів сил приймає наступний вигляд (2.14):

$$k \cdot P_z \cdot (R_{\text{max}} - S_{\text{max}}) - 2T \cdot R_{\text{max}} = 0 \quad (2.14)$$

де T – сила тертя, розраховується за формулою (2.15):

$$T = f \cdot N, \text{ Н}, \quad (2.15)$$

де f – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі та кільцем:

$$f = f_1 = f_2 = 0,2 \text{ [5, т.10, стор.85];}$$

N – нормальна сила, що розраховується за формулою (2.16):

$$N = \frac{W}{2 \cdot \sin(\alpha/2)}, \text{ Н}, \quad (2.16)$$

де $\alpha = 180^\circ$ – кут площини контакту.

Підставляю усі значення у формулу (2.14):

$$W = \frac{3,12 \cdot 534,4 \cdot (200 - 0,204) \cdot 1}{0,2 \cdot 200} = 8328,13 \text{ Н}.$$

Отримане значення зусилля затискання достатньо для того, аби протидіяти силі різання, що діє на заготовку в процесі обробки.

В якості затискного механізму обираю затискання гвинтом, оскільки простий у використанні та зручний і з можливістю затискати заготовку з більшою силою.

Визначаю силу P , що діє зі сторони зусилля робітника за допомогою гайкового ключа. Для цього умовно звільню усі прихвати від деталі та гвинтів. Замість них позначу силами реакції деталі $W' = W/16 = 520,5 \text{ Н}$, що діють на 1 прихват з обох боків.

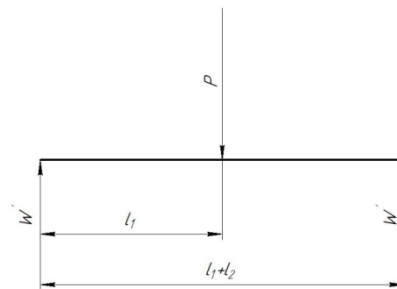


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема прихвата

З умови рівноваги прихвата виходить, що сума моментів сил P та W : $M\Sigma_o(F_i) = 0$. Отже за рівнянням (2.17) матимемо рівність:

$$W' \cdot (l_1 + l_2) - P \cdot l_1 = 0. \quad (2.17)$$

Розраховуючи рівняння відносно сили P , матимемо:

$$P = \frac{W' \cdot (l_1 + l_2)}{l_1} = \frac{520,5 \cdot (27,5 + 25)}{25} = 1093 \text{ Н}.$$

Проводжу розрахунок найбільш навантаженої деталі пристосування – гвинта – за [18] на міцність для того, щоб обрати необхідні геометричні параметри для конструювання. Попередньо обираю матеріал гвинта: сталь марки 45; клас міцності 6,6; межа текучості $\sigma_t = 360 \text{ МПа}$.

Визначаю допустиме напруження для матеріалу гвинта за формулою (2.18) [1, с.157]:

$$[\sigma_{c(p)}] = \frac{\sigma_{\tau}}{S_t}, \quad (2.18)$$

де σ_{τ} – межа текучості; $\sigma_{\tau} = 360 \text{ Н/мм}^2$;

$S_t = 2,5 \dots 4$ – коефіцієнт запасу міцності; приймаю $S_t = 4$.

$$[\sigma_{c(p)}] = \frac{360}{4} = 90 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаю середній діаметр нарізі за формулою (2.19) з врахуванням умови на зносостійкість [18, с.14]:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot [p_{3M}]}}', \text{ мм}, \quad (2.19)$$

де $F = 1093 \text{ Н}$ – осьове навантаження;

$\psi_H = 1,2 \dots 2,5$ – коефіцієнт висоти гайки; приймаю $\psi_H = 2$;

ψ_h – коефіцієнт висоти метричної нарізі ; приймаю $\psi_h = 0,5$;

$[p_{3M}]$ – середній тиск в нарізі; для передачі гвинт – гайка (сталь по сталі)

обираю $[p_{3M}] = 16 \text{ Н/мм}^2$ [14, т.3, стор. 14].

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{1093}{3,14 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 16}},$$

$$d_2 \geq 4,6 \text{ мм}.$$

За ГОСТ 9150-89 приймаю метричну нарізь з наступними параметрами:

— d – зовнішній діаметр нарізі: $d = 16 \text{ мм}$;

— d_2 – середній діаметр нарізі: $d_2 = 14,701 \text{ мм}$;

— d_1 – внутрішній діаметр нарізі: $d_1 = 13,835 \text{ мм}$;

— P – шаг нарізі: $P = 2 \text{ мм}$.

Необхідно виконувати умову самогальмування (2.20):

$$\psi \leq \varphi' \text{ [18, стор. 19],} \quad (2.20)$$

де $\psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right)$ – кут підйому гвинтової лінії нарізі;

$\varphi' = \arctg\left(\frac{f}{\cos\gamma}\right)$ – приведений кут тертя, в якому:

а) f – коефіцієнт тертя в нарізі: для сталюого гвинта та сталюої гайки приймаю $f = 0,18$;

б) γ – кут нахилу робочої сторони профілю нарізі: для метричної нарізі $\gamma = 30^\circ$.

Перевіriamo умову самогальмування:

$$\arctg\left(\frac{2}{3,14 \cdot 14,701}\right) \leq \arctg\left(\frac{0,18}{\cos 30^\circ}\right),$$

$$2,48 \leq 11,74.$$

Умова самогальмування виконується.

Попередньо обрані розміри гвинта сконструйованої гвинтової передачі перевіряю на міцність при взаємодії напруження стискання (розтягу) та кручення в небезпечному перерізі.

Умова міцності гвинта по еквівалентному навантаженню розраховується за формулою (2.21) [18, стор. 19]:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_{c(p)}^2 + 3 \cdot \tau_{кр}^2} \leq [\sigma_{c(p)}], \text{ Н} \cdot \text{мм}^2, \quad (2.21)$$

де $\sigma_{c(p)} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$ – напруження стискання (розтягу), в якому;

а) $F = 1093 \text{ Н}$ – осьова сила;

$\tau_{кр} = \frac{T}{W_K}$ – напруження кручення, в якому:

б) $T = T_B = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot tg(\psi + \varphi)$ – обертальний момент, що необхідно прикласти гвинту чи гайці для здолаання моменту сили тертя в нарізі;

в) $W_K = 0,2 \cdot d^3$ – момент опору кручення перерізу гвинта;

г) $d_2 = 14,701 \text{ мм}$ – середній діаметр нарізі;

- д) $[\sigma_{c(p)}] = 90 \text{ Н/мм}^2$ – допустиме напруження для матеріалу гвинта;
 ж) $\psi = 2,48^\circ$ – кут підйому гвинтової лінії нарізі;
 з) $\varphi = 11,74^\circ$ – приведений кут тертя в нарізі.

Підставимо усі відомі значення до формули (2.21):

$$\sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} + 3 \cdot \left(\frac{F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi)}{0,2d^3} \right)^2} \leq [\sigma_{c(p)}],$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot 1093}{3,14 \cdot 16^2} + 3 \cdot \left(\frac{1093 \cdot \frac{14,701}{2} \cdot \operatorname{tg}(2,48 + 11,74)}{0,2 \cdot 16^3} \right)^2} \leq 90,$$

$$\sigma_E = \sqrt{23,4} \leq 90,$$

$$4,84 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2 \leq 90 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2.$$

Міцність гвинта зі сталі 45 забезпечується.

На гвинт зі сторони прихвата діє сила P' , що дорівнює за модулем та протилежна за напрямком силі P : $P = P' = 1093 \text{ Н}$.

З іншого боку на гвинт діє момент сили Q , H – зусилля від руки робітника – прикладений на плече і дорівнює довжині рукоятки ключа L , тобто $M = Q \cdot L$.

Залежність між силами Q та P для гвинтового затискача визначається за формулою (2.22) [18]:

$$P = \frac{Q \cdot L}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot r_{cp} \cdot 0,33 \cdot \mu \cdot \frac{D_3^3 - D_B^3}{D_3^2 - D_B^2}}, \text{ Н.} \quad (2.22)$$

Для знаходження необхідного показника, виходячи з попередньої формули, отримуємо рівняння (2.23) [18]:

$$Q = \frac{P \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \cdot r_{cp} \cdot 0,33 \cdot \mu \cdot \frac{D_3^3 - D_B^3}{D_3^2 - D_B^2}}{L}, \text{ Н}, \quad (2.23)$$

де d – діаметр гвинта; $d = 16$ мм;

r_{cp} – середній діаметр нарізі гвинта, мм: $r_{cp} = 7,35$ мм;

$\psi = 2,48^\circ$ – кут підйому гвинтової лінії нарізі;

$P = 1093$ Н – осьова сила;

$\varphi = 11,74^\circ$ – приведений кут тертя в нарізі;

μ – коефіцієнт тертя між гвинтом та гайкою: приймаю $\mu \approx 0,1$;

D_3, D_B – зовнішній та внутрішній діаметр шайби: $D_3 = 30$ мм, $D_B = 17$ мм;

$L = (12...15)d$ – довжина рукоятки затискача чи гайкового ключа:

$L = 240$ мм.

Підставимо усі відомі значення до формули (2.22):

$$Q = \frac{1093 \cdot \operatorname{tg}(2,48 + 11,74) \cdot 7,35 \cdot 0,33 \cdot 0,1 \cdot \frac{30^3 - 17^3}{30^2 - 17^2}}{240} = 10 \text{ Н}.$$

Вибір приводу проводитиму по конкретним умовам виконання операцій виходячи з наступних даних:

- 1) типа виробництва: дрібносерійне;
- 2) значення сили різання: $P_z = 179,85$ Н;
- 3) матеріал: конструкційна високолегована сталь 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77;
- 4) тип станка: вертикально-фрезерний центр з ЧПК VC750.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Для контролю перпендикулярності торців деталі «Кільце зовнішнє» відносно бази Г та радіального биття деталі відносно бази В використовується контрольно-вимірювальний пристрій, креслення якого надається у графічній частині проекту. Пристрій складається з основи 1, на якій встановлений стіл 2, а на ньому закріплені два ролика 3. Також на основі розміщена вимірювальна стійка 4 зі штативом 5, який за допомогою гвинта 6 закріплюється на вимірювальній стійці.

На штативі встановлюється тримач 7 і індикатор годинникового типу, який закріплюється за допомогою гвинта 8.

Стіл пристосування має невеликий кут нахилу 10° . На столі за допомогою гвинтів встановлюють ролики з заданою міжосьовою відстанню. На ролики встановлюється деталь, яка за рахунок кута нахилу столу притискається до роликів під власною вагою, що виключає похибки від переміщення деталі по отвору - похибка встановлення.

Пристосування працює наступним чином: на ролики встановлюють деталь, шкалу індикатора виставляють на «нуль».

Проводиться вимір за допомогою дотику оскіпа індикатора до контрольованої поверхні. При необхідності вимірювання в іншому місці по торцю, деталь повертається. Після перевірки одного боку вимірювання повторюють на протилежному торці деталі. Після закінчення вимірювань деталь знімається з роликів.

При виборі схеми базування контрольованої деталі на пристосуванні, необхідно, щоб дана схема базування давала похибку вимірювання не вище допустимої. На практиці, допустима похибка встановлення не повинна перевищувати $1/3$ допуску контрольованого розміру.

Виходячи з розташування контрольованого розміру, найбільш зручним варіантом базування деталі буде виконуватись на два ролика з вертикальною

2.2.2 Розрахунок на точність

Похибка встановлення деталі в пристосуванні визначається за формулою (2.24) за [1, с.128]:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ мм}, \quad (2.24)$$

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

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення.

Оскільки при встановленні деталі в контрольне пристосування, вона не затискається, то $\varepsilon_{\text{закр}} = 0$.

При установці на ролики з вертикальною віссю, при зазначеному на кресленні деталі взаємне розташування базової поверхні і місця вимірювання, вимірювальна і конструкторська бази збігаються, тобто $\varepsilon_{\text{баз}} = 0$.

Відповідно, якщо $\varepsilon_{\text{закр}} = 0$ і $\varepsilon_{\text{баз}} = 0$, то і $\varepsilon_{\text{вст}} = 0$ означає, що дана схема базування не впливає на точність вимірювання.

Вибір засобу вимірювання починається з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних характеристик та характеристик надійності, якими має володіти засіб вимірювання (ЗВ).

Допустима похибка вимірювання контрольно-вимірювального пристосування для даного виміру становить.

Визначаємо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку) за формулою (2.25):

$$[\delta_{\text{інстр}}] = 0,7 \cdot [\varepsilon_{\text{зм}}], \text{ мкм}, \quad (2.25)$$

де $\varepsilon_{\text{зм}}$ – змінна похибка: $\varepsilon_{\text{зм}} = 9 \text{ мкм}$.

$$[\delta_{\text{інстр}}] = 0,7 \cdot 9 = 6,3 \text{ мкм}.$$

Ціна поділки визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ, котра складає $\Delta = 4 \text{ мкм}$.

Вимірювальне зусилля P_{oc} обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо допустиме коливання вимірювального зусилля величиною $\Delta P_{oc} = 1 \text{ Н}$.

Основним показником надійності ЗВ є напрацювання до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до ГОСТ 23642-79 обговоримо кількість циклів вимірювань, що забезпечують задану кількість контрольних операцій. Вона складатиме: $t(P) = 2 \cdot 50000 = 100000$ циклів.

Ймовірність безвідмовної роботи задамо, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної галуззю машинобудування.

Після того, як стали відомі допустимі значення по метрологічним, експлуатаційним показниками та показниками надійності, можемо приступити до пошуку ЗВ. Прийнятним вважається ЗВ, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимими (2.26)-(2.31):

$$\Delta \leq [\Delta]. \quad (2.26)$$

$$P_{yc} \leq [P_{yc}]. \quad (2.27)$$

$$\Delta P \leq [\Delta P]. \quad (2.28)$$

$$t(P) \geq [t(P)]. \quad (2.29)$$

$$P \geq [P]. \quad (2.30)$$

$$\Pi \geq [\Pi]. \quad (2.31)$$

Пошук здійснюємо в таблицях технічних характеристик для важеля зубчастих вимірювальних головок. Найбільш підходящим за показниками є Індикатор (типу годинного ІГ (клас 0)), ескіз якого представлений на рисунку 2.7, має наступні параметри:

1. $\Delta = 0004 \text{ мм};$
2. $P_{yc} = 1,5 \text{ Н};$
3. $\Delta P = 0,4 \text{ Н};$
4. $t(P) = + 500000.$



Рисунок 2.7 – Індикатор годинникового типу

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються:

$$\Delta_{ин} = 0,004 \text{ мм} < [\Delta_{ин}] = 0,04 \text{ мм};$$

$$P_{yc} = 1,5 \text{ Н} < [P_{yc}] = 5 \text{ Н};$$

$$\Delta P = 0,4 \text{ Н} < [\Delta P] = 1 \text{ Н};$$

$$t(P) = 500000 > [t(P)] = 100000;$$

$$P = 0,9 > [P] = 0,85.$$

Інші ЗВ володіють меншою надійністю, тому для розроблюваного пристосування найбільш доцільнішим є вищезазначений індикатор.

Контрольно-вимірювальні прилади призначені для отримання інформації про фактичні значення параметрів виробів в заданих одиницях виміру (міліметри, радіани, градуси).

Важливими етапами проектування вважаються підбір схеми базування, принципової схеми і конструкції елементів контрольно-вимірювальних приладів. За допустиму сумарну похибку вимірювань пристосування приймають тільки частину (8 ... 30%) заданого допуску розміру на робочому кресленні деталі.

Допустиму сумарну похибка вимірювання визначають за формулою (2.32):

$$\varepsilon_{\text{СП}} = \varepsilon_{\text{нр}} + \varepsilon_{\text{пе}} + \varepsilon_{\text{зд}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{вс}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{зв}}^2 + \varepsilon_{\text{інш}}^2}, \text{ мм}, \quad (2.32)$$

де $\varepsilon_{\text{нр}}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення настановних елементів і неточністю їх розташування на корпусі пристосування при його складанні;

$\varepsilon_{\text{пе}}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення передавальних елементів: важелів, штифтів, стрижнів;

$\varepsilon_{\text{зд}}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення настановних заходів і еталонних деталей, використовуваних для настройки засобів вимірювань;

$\varepsilon_{\text{нб}}$ – похибка, викликана невідповідністю вимірювальної бази та технологічної (пристосування для міжопераційного контролю) або конструкторської (пристосування для остаточного контролю);

$\varepsilon_{\text{з}}$ – похибка, що виникає в результаті закріплення контрольованого об'єкта внаслідок його деформації;

$\varepsilon_{\text{вс}}$ – похибка, що залежить від вимірювальної сили, що виникає в результаті зсуву вимірювальної бази деталі від заданого положення в процесі вимірювання;

$\varepsilon_{\text{зп}}$ – похибка, за що виникає унаслідок зазорів між осями важелів передавальних пристроїв при їх наявності;

$\varepsilon_{\text{зв}}$ – похибка використовуваного засоби вимірювання;

$\varepsilon_{\text{інш}}$ – інші похибки, викликані дією випадкових факторів.

Контрольне пристосування придатне для використання тоді, коли виконується умова (2.33):

$$\varepsilon_{\text{сп}} \leq [\varepsilon_{\text{сп}}]. \quad (2.33)$$

Визначимо сумарну похибку проектного пристосування.

Значення складових формули (2.32):

1. $\varepsilon_{\text{ім}} = 0$, оскільки установчі заходи і еталонні деталі налаштування засобів вимірювань в даному пристосуванні не використовуються;
2. $\varepsilon_{\text{нб}} = 0$, оскільки вимірювальна база збігається з конструкторської, отже похибка базування дорівнює 0;
3. $\varepsilon_{\text{іс}} = 0$, оскільки схема вимірювання не дозволяє вимірювальним силам зміщувати вимірювальну базу;
4. $\varepsilon_3 = 0$, оскільки деталь, що вимірюється на пристосуванні не затискається, а обмеження її переміщення на роликах не впливає на точність вимірювань;
5. $\varepsilon_{\text{нр}} = 0,0015$ мм, що є наслідком допуску на співвісність центрів;
6. $\varepsilon_{\text{пе}}$ обчислюється за формулою (2.34):

$$\varepsilon_{\text{пе}} = \Delta_{\text{рд}} + \Delta_{\text{рк}} + \Delta_{\text{рп}} + \Delta_{\text{рз}} + \Delta_{\text{рпп}}, \text{ мм}, \quad (2.34)$$

де $\Delta_{\text{рд}} = 0$ – похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів;

$\Delta_{\text{рк}} = 0$ – похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів;

$\Delta_{\text{рп}} = 0$ – похибка від непропорційного переміщення плечей важелів;

$\Delta_{\text{рз}} = 0$ – похибка від зсуву точки контакту важелів;

$\Delta_{\text{рпп}}$ – похибка прямої передачі, визначається за формулою (2.35):

$$\Delta_{\text{рпп}} = e \cdot \frac{S}{h}, \text{ мм}, \quad (2.35)$$

де $e = 0,2$ мм – величина зміщення осі стрижня індикатора;

$S = 0,02$ мм – зазор між втулкою і стрижнем передачі;

$h = 18$ мм – довжина прямої частини втулки під рухомий стрижень.

$$\Delta_{\text{рпп}} = 0,2 \cdot \frac{0,02}{18} = 0,00022 \text{ мм.}$$

Остаточно маємо значення $\varepsilon_{\text{пе}} = 0,00022 \text{ мм.}$

7. $\varepsilon_{\text{зп}} = 0$ – оскільки конструкція пристосування не передбачає важелі;

8. $\varepsilon_{\text{зв}}$ визначається нормативною документацією на засіб вимірювання, для індикатора годинникового типу ІГ 02кл., $\varepsilon_{\text{сі}} = 0004 \text{ мм;}$

9. $\varepsilon_{\text{інш}}$ визначається узагальнено, як (0,03...0,05) від допуску на контрольований параметр: $\varepsilon_{\text{др}} = 0,0009 \text{ мм.}$

Отже, підставивши усі відомі значення у формулу (2.32) отримаємо:

$$\varepsilon_{\text{СП}} = 0,0015 + 0,00022 + \sqrt{0,004^2 + 0,0009^2} = 0,00582 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\text{СП}} = 0,00582 \text{ мм} < [\varepsilon_{\text{СП}}] = 0,009 \text{ мм.}$$

Умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ДЕТАЛІ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

До деталей авіадвигунів прикута особлива увага з точки зору їх контролю після обробки: шорсткість, геометричні розміри та форми, адже це формує остаточну надійність та довговічність роботи. Температурні та хвильові коливання, знакозмінне значення тиску, пружнопластичні деформації тощо – все це на собі відчуває двигун під час експлуатації, а отже й окремі його вузли та деталі. Тому вкрай необхідно на кожному етапі обробки перевіряти дійсність геометрії, що закладена при проектуванні.

Висока точність геометричних розмірів визначає можливість їх взаємозамінності, що дозволяє:

- зменшити витрати на складання у вузол (загалом двигун);
- зменшити витрати при ремонті;
- зменшити витрати під час експлуатації (зменшення витрат у довгостроковому випадку, на амортизацію);
- зменшити відсоток утворення браку.

Для того, аби мати постійний контроль за станом оброблюваної деталі та не збільшувати ТП, широке застосування має «активний контроль» (системи автоматизованого контролю). Його основна відмінна риса – це здатність комплексу програмного (застосування ЧПК) та інструментального (датчики) забезпечення, котре встановлюється на верстат, контролювати процес до, під час та після обробки деталі.

Контактні вимірювання дозволяють відмовитися від використання дорогих затискних пристосувань та довгої процедури виставлення деталі відносно осей станка власноруч за допомогою індикаторів. Їх встановлення у револьверну головку станків токарної чи фрезерної груп, дає змогу:

- зменшити час на перестій верстата;
- можливість вирівнювати заготовку по відношенню до осей верстата автоматично (корекція «нуля деталі»);

- виключити «людський фактор» під час контролю, а отже:
- зменшити кількість браку;
- підвищити виробничу потужність та універсальність для об'єму серії деталей, що піддаються обробці [29].

На прикладі компанії Reinshaw, котра спеціалізується на виробництві високоточного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення, розроблена серія рухомих кронштейнів для вимірювання та контролю заготовки, котрі підводяться не власноруч оператором, а за допомогою програмного забезпечення на станку впритул до поверхні вимірювання.

Загалом принцип роботи датчику «активного контролю» на прикладі встановлення на станок фрезерної групи полягає в наступному (рис.3.1).

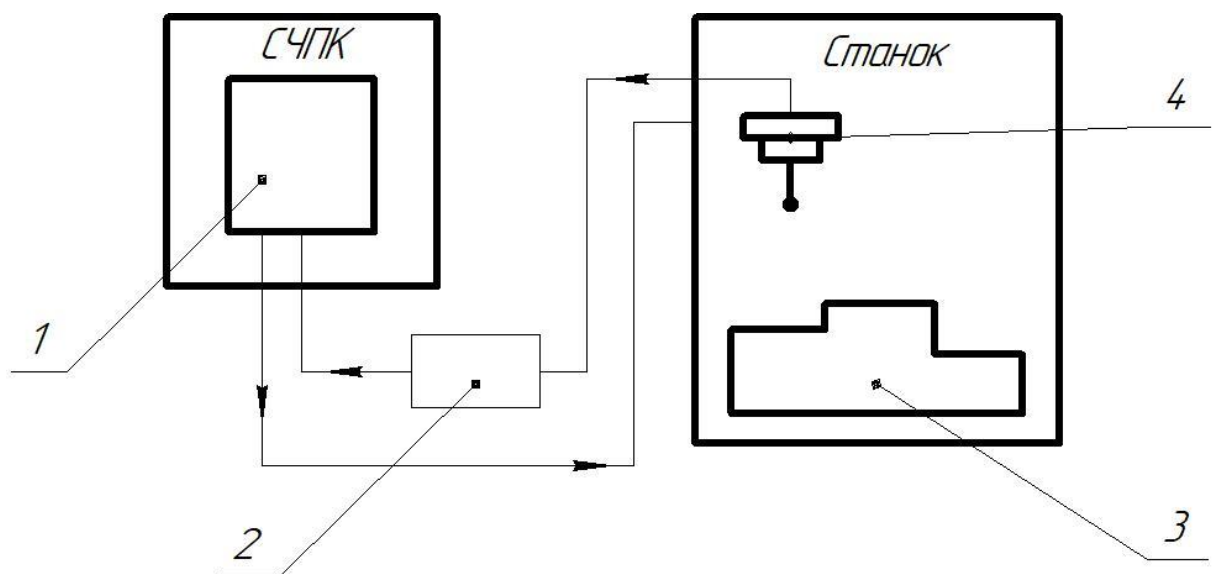


Рисунок 3.1 – Структурна схема роботи пристрою:

1 – система ЧПК станка; 2 – передавальний пристрій; 3 – деталь; 4 – контактний датчик

З керуючої програми відбувається цикл виклику програми (підпрограми) вимірювання – відбувається «обхід» деталі датчиком і дотик щупом заданих поверхонь. Під час дотику відбувається реєстрація положення датчика. Далі станок (СЧПК) отримує через передавальний пристрій сигнал о спрацюванні датчика. Після цього відбувається запис

дійсного в даний час положення шпинделя в пам'ять комп'ютера верстата. Завершивши цикл вимірювання відбувається математична обробка даних та її візуалізація на екрані.

Зв'язок контрольного приладу (датчика) та ЧПК платформою верстата відбувається за допомогою: кабелю чи інфрачервоним оптичним безконтактним та радіочастотним приладом [29].

На рисунку 3.1 представлено типовий вигляд датчику з оптичною передачею сигналів фірми Renishaw моделі OMP60.



Рисунок 3.1 – Датчик з оптичною передачею сигналу OMP60

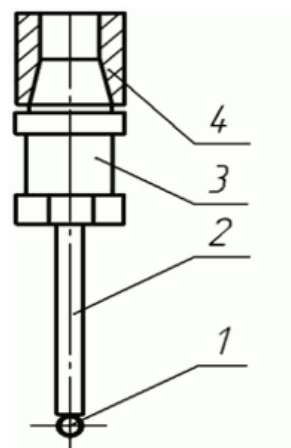


Рисунок 3.2 – Складові електронного контактної пристрою: 1 – куляка (щуп); 2 – стрижень; сигнальний пристрій; 4 - шпиндель

Інструмент вимірювання деталей (щуп) може бути з рубіновою кулькою на кінці стрижня. Датчик зазвичай зберігається в інструментальному магазині верстата, його геометричні параметри вносяться в систему ЧПУ на початку технологічного процесу. Принцип дії полягає в наступному: відбувається замикання-розмикання електричного кола, відбувається реагування сигнального пристрою датчика на контакт з поверхнею деталі щупом.

Особливу увагу приділяють саме контролю відповідальних деталей (вузлів), тому застосовують саме оскіп (щуп) з алмазним покриттям. Перевагами використання такого підходу в контролі точності є:

- довговічність: алмазне покриття гарантує відсутність наліпання на оскіп м'якого металу (алюмінію) під час контакту;

- зносостійкість і, як наслідок, висока точність обробки даних: сканування твердих тіл або абразивних поверхонь відбувається з високою точністю за рахунок того, що поверхня зберігає свою форму під час дотику;

- вібростійкість: висока точність виготовлення дозволяє не турбуватися за появу резонансу під час дотику до поверхні контрольованої деталі. Проте є ряд недоліків на які слід звернути увагу під час вибору приладу для контролю:

- потреба у висококваліфікованому робітнику (операторі) внаслідок точного налаштування на роботу та догляді за приладом;

- слабкість конструкції стрижня;

- ремонтпридатність та ціна.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Для аналізу використовується спрощена модель деталі у вигляді представленому на рис. 4.1. Перевірка поведінки деталі під дією навантажень виконується наступним чином: деталь закріплюється нерухомо в отворі Ø6 мм; в просічки (під кутом в бічну поверхню) прикладається 1 МПа тиску (в кожну).

Основна задача: перевірити поведінку форми деталі під час навантаження та визначити оптимальне $\sigma_{\text{опт}}$ і критичне $\sigma_{\text{крит}}$ значення тиску.

Матеріал деталі: сталь 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77.

$[\sigma_{\text{max}}] = 900 \text{ МПа}$.

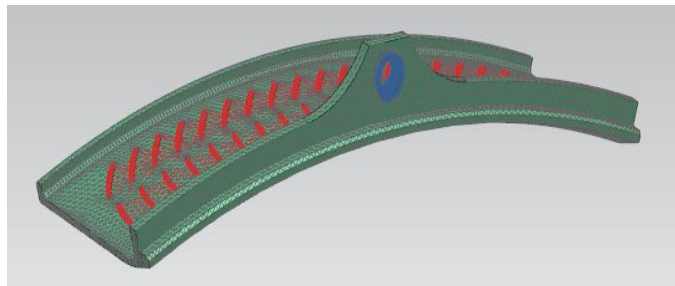


Рисунок 4.1 – Точки прикладання зусиль (червоні стрілки, напрямок прикладання тиску) та поверхня закріплення (отвір Ø6 мм)

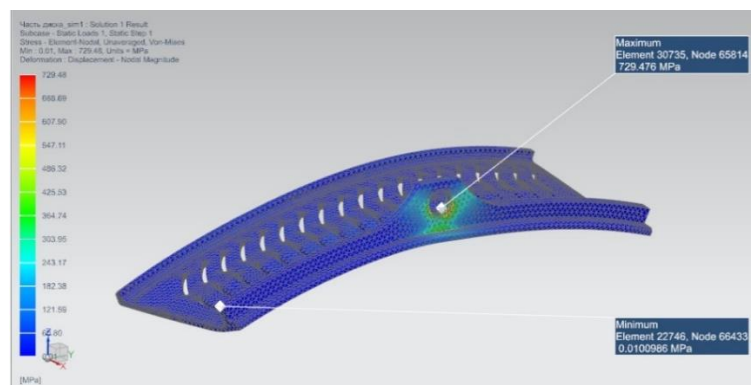


Рисунок 4.2 – Розподіл напружень за вузлами

За даними розрахунку в модулі NX SIMULATION ADVANTAGE визначено показник $[\sigma_{\max}] = 729,48$ МПа – максимальне значення напружень в небезпечному перерізі.

Запас міцності за напруженнями має значення $n_\sigma = 2 \dots 5$. Обираємо $n_\sigma = 3$ та розраховуємо граничну величину напружень від $[\sigma_b]$ деталі за формулою (4.1):

$$\sigma_{\text{гр}} = \frac{[\sigma_{\max}]}{n_\sigma}, \text{ МПа}, \quad (4.1)$$

$$\sigma_{\text{гр}} = \frac{900}{3} = 300 \text{ МПа}.$$

При прикладеному значенні навантаження $\sigma_0 = 1$ МПа деталь не зможе довго працювати без зміни форм, оскільки запас міцності за напруженнями при $[\sigma_{\max}] = 729,48$ МПа дорівнює $n_\sigma = 1,23$. Цей показник менше за обраний.

Перевіримо зміну форми деталі під дією навантаження в 0,5 МПа та 5 МПа. На рисунках 4.3-4.4 представлені вузлові навантаження для 0,5 та 5 МПа відповідно.

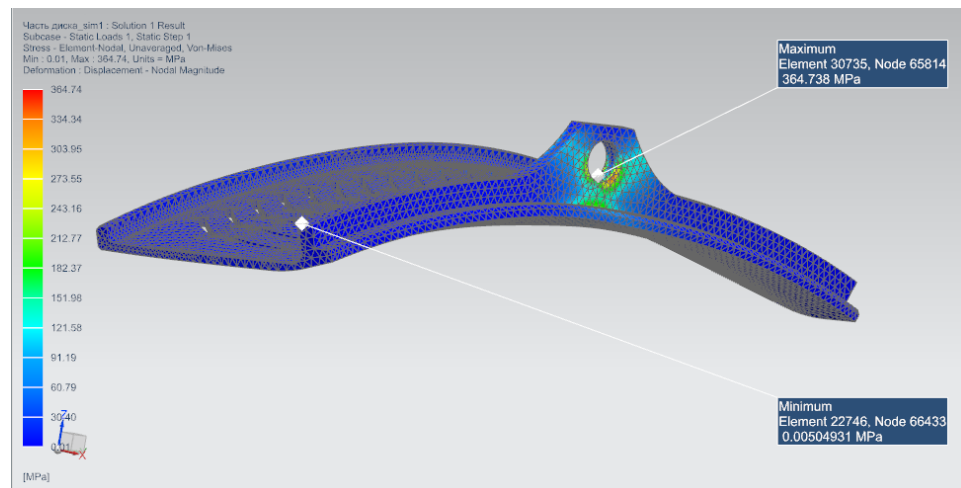


Рисунок 4.3 – Розподіл напружень за вузлами ($\sigma_0 = 0,5$ МПа)

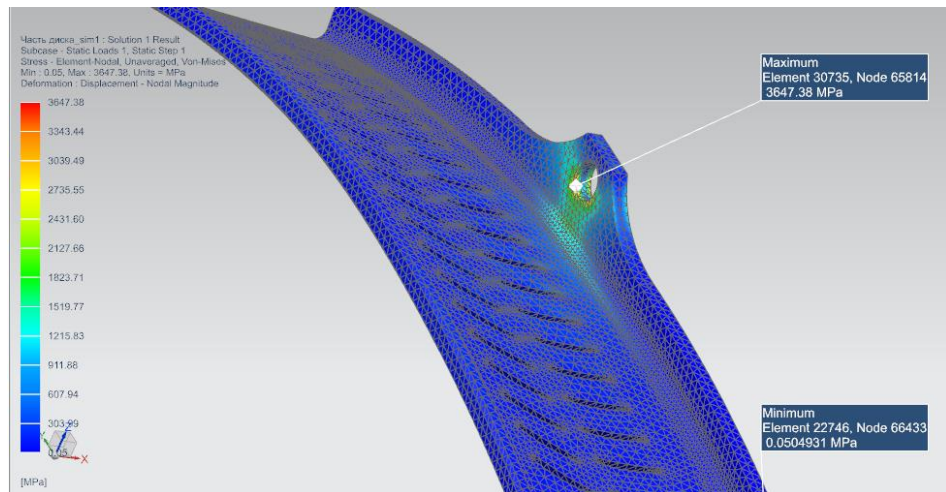


Рисунок 4.4 – Розподіл напружень за вузлами ($\sigma_0 = 5$ МПа)

При значенні тиску в 0,5 МПа значення $\sigma_{\max} = 364,74$ МПа.

При значенні тиску в 5 МПа значення $\sigma_{\max} = 3647,38$ МПа, що більше за значення $[\sigma_{\max}] = 900$ МПа матеріалу деталі.

Побудуємо графік та знайдемо максимальне (критичне) значення σ_0 , МПа для даної деталі, при якому деталь ще може працювати без ймовірності руйнування.

Апроксимовано за допомогою графіку (рис. 4.5) знаходимо критичне значення $\sigma_{\text{окрит}}$, яке не можна перевищувати при прикладанні зусилля на деталь: $\sigma_{\text{окрит}} = 1,2$ МПа.

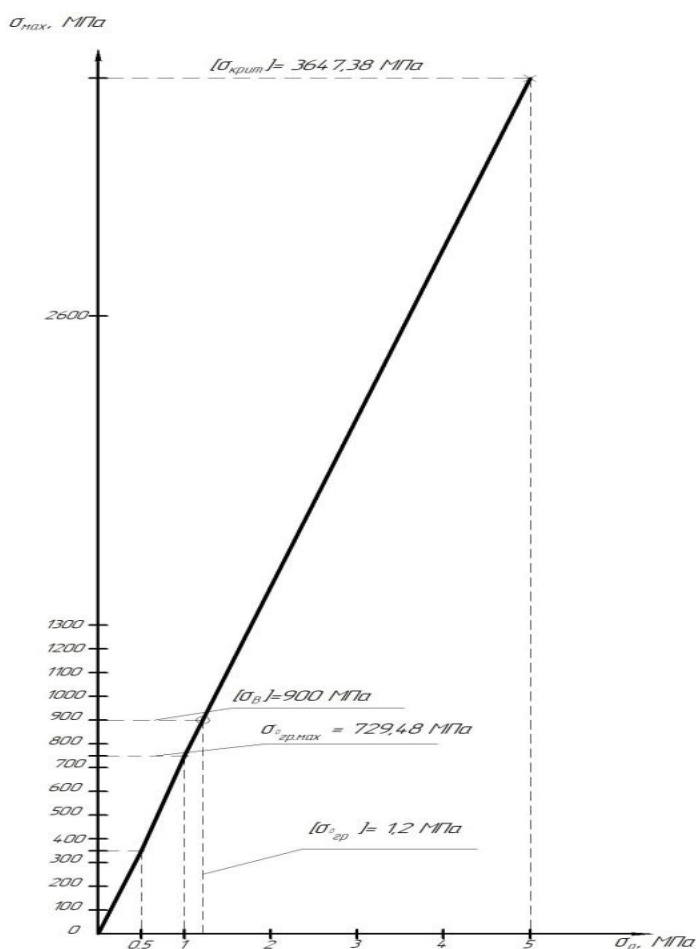


Рисунок 4.5 – Графік залежності напружень від навантаження

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції. Оптимізація геометрії деталі

Запропоновано перевірку поведінки форми деталі за допомогою модулю SIEMENS NX Advanced Simulation при зменшенні в конструкції «Колеса зовнішнього» отворів Ø6 мм до Ø5 мм. Для пересвідчення припущень прикладаю ті самі навантаження, що були описані в пункті 4.1 (рисунки 4.6-4.8).

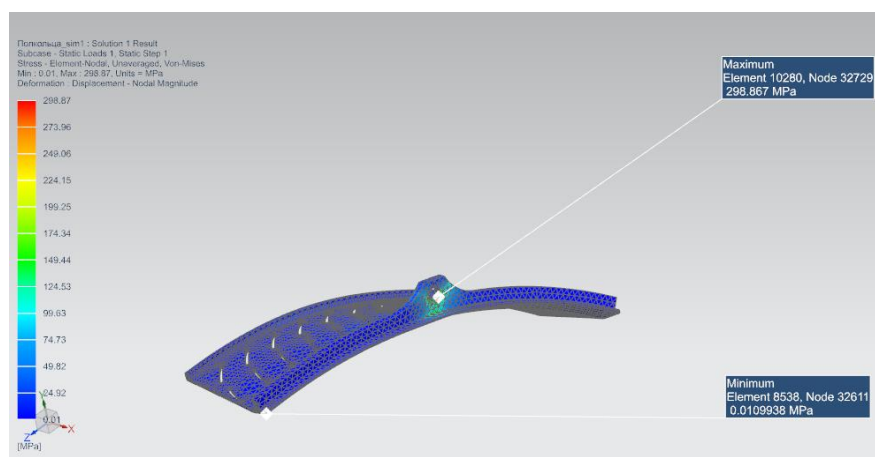


Рисунок 4.6 – Кільце зовнішнє з отворами Ø5мм при навантаженні 0,5 МПа

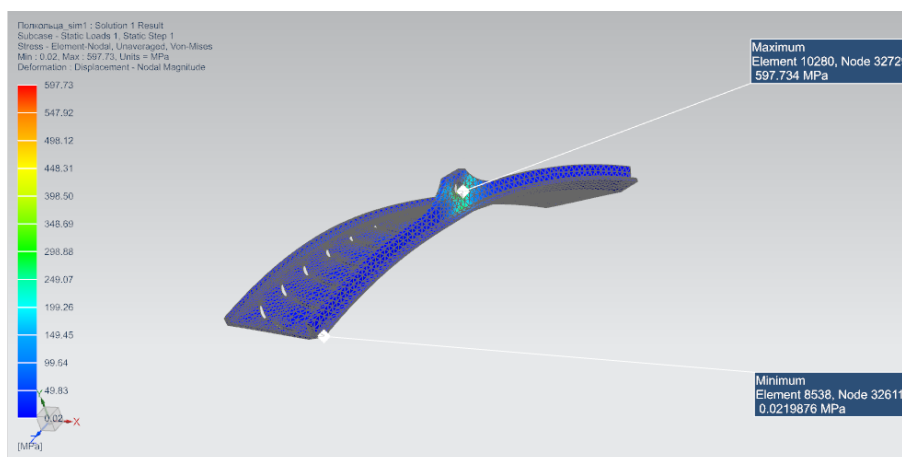


Рисунок 4.7 – Кільце зовнішнє з отворами Ø5мм при навантаженні 1 МПа

При значенні тиску в 0,5 МПа значення $\sigma_{\max} = 298,8$ МПа.

При значенні тиску в 1 МПа значення $\sigma_{\max} = 597,7$ МПа.

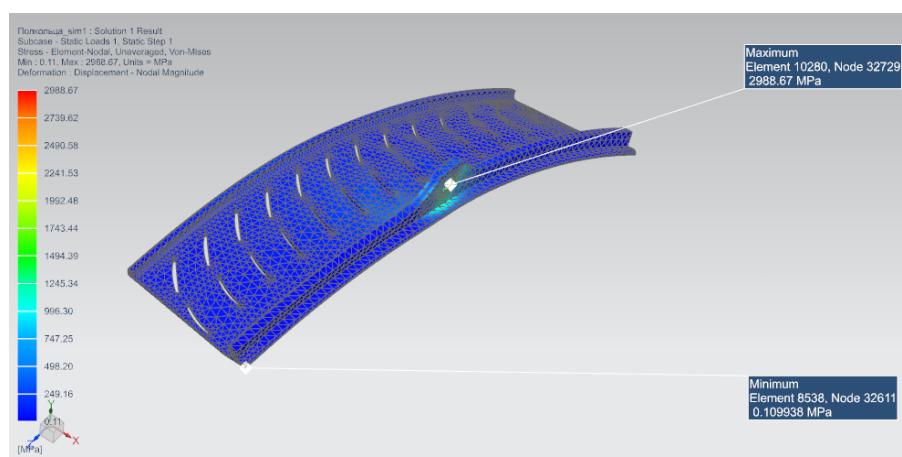


Рисунок 4.8 – Кільце зовнішнє з отворами Ø5мм при навантаженні 5 МПа

При значенні тиску в 5 МПа значення $\sigma_{\max} = 2988,7$ МПа, що більше за значення матеріалу деталі $[\sigma_{\max}] = 900$ МПа.

Перевірю поведінку моделі при прикладанні навантаження, що було критичним для моделі з більшим діаметром отворів: $\sigma_0 = 1,2$ МПа –
– граничне значення, при якому деталь ще може працювати.

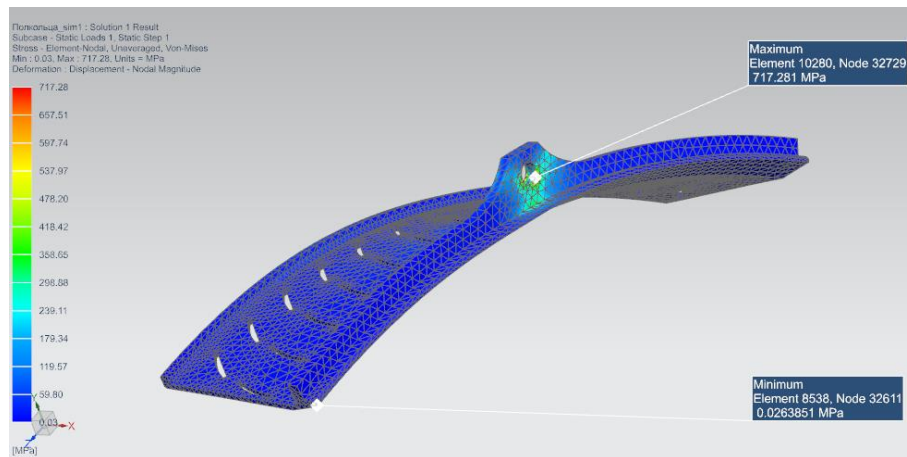


Рисунок 4.9 – Кільце зовнішнє з отворами Ø5мм при навантаженні 1,2 МПа

При значенні тиску в 1,2 МПа значення $\sigma_{\max} = 717,3$ МПа. Це означає, що запропонована нова модель «Кільця зовнішнього» з діаметром отворів Ø5 мм має дещо більший діапазон витриманого навантаження, аніж модель з Ø6 мм. Оскільки прикладений тиск в 5 МПа занадто великий для нової моделі, перевірю поведінку деталі прикладши навантаження 1,5 та 2 МПа.

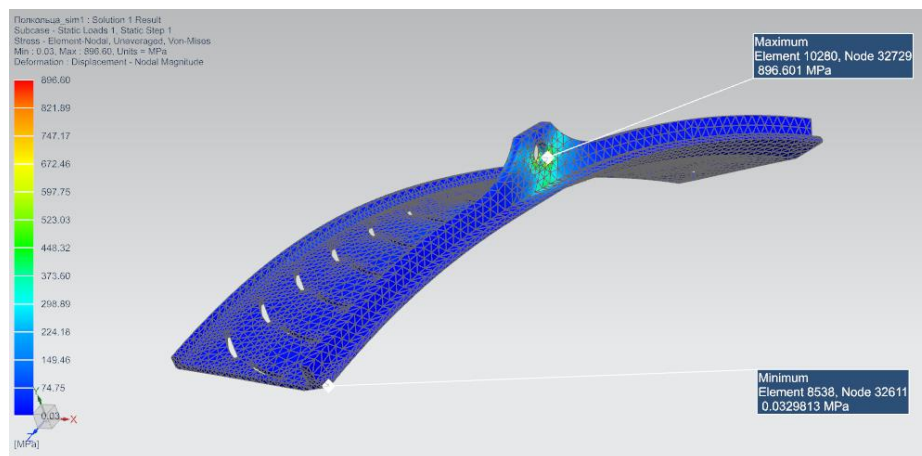


Рисунок 4.10 – Кільце зовнішнє з отворами Ø5мм при навантаженні 1,5 МПа

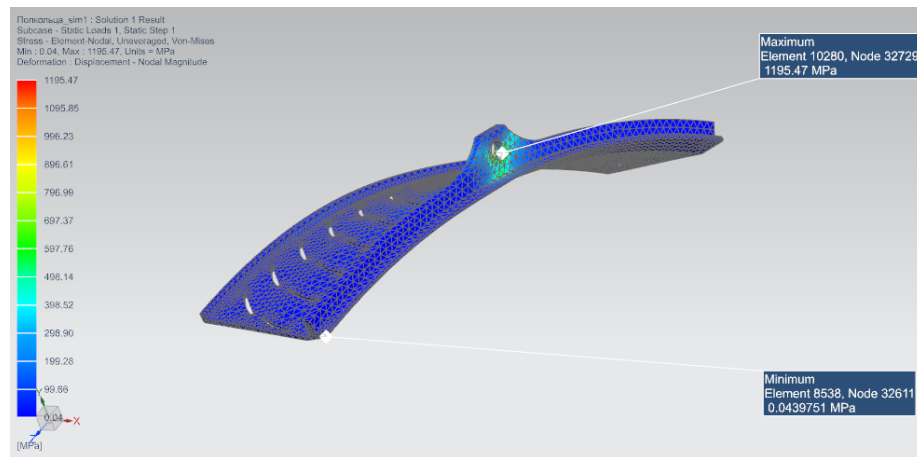


Рисунок 4.11 – Кільце зовнішнє з отворами Ø5мм при навантаженні 2 МПа

При значенні тиску в 1,5 МПа значення $\sigma_{\max} = 896,6$ МПа.

При значенні тиску в 2 МПа значення $\sigma_{\max} = 1195,5$ МПа.

Аналогічно з попередніми дослідями, що проведені в п.4.1, побудую графік та знайду максимальне (граничне) значення σ_0 , МПа для деталі зі зміненими розмірами отворів.

За допомогою графіку (рис. 4.12) знаходжу граничне значення $\sigma_{\text{Огран}}$, яке не можна перевищувати: $\sigma_{\text{Огран}} = 1,5$ МПа.

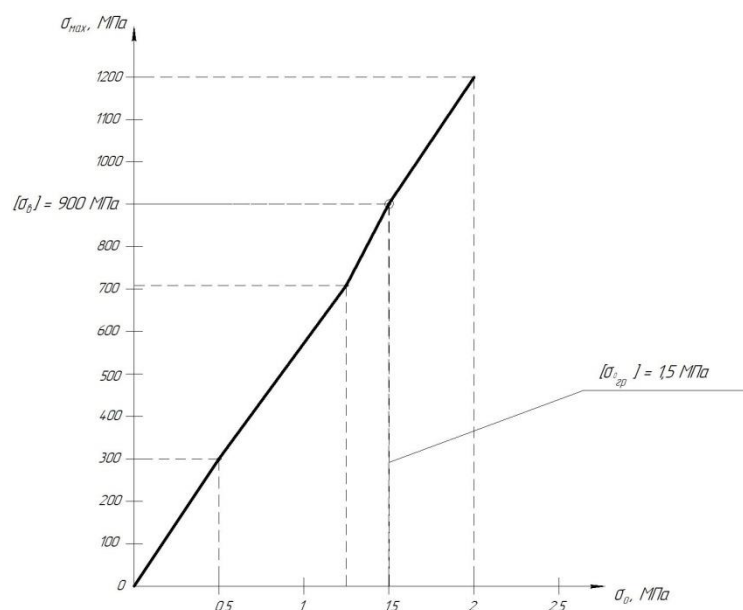


Рисунок 4.12 – Графік залежності напружень від навантаження

За допомогою графіку можна зробити висновок, що нова модель «Кільця зовнішнього» з меншими розмірами діаметру отворів дозволяє

витримувати навантаження до значення тиску в 1,5 МПа, що більше за значення деталі з діаметром отворі Ø6 мм на 0,3 МПа (25%).

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ТОНКОСТІННИХ КІЛЕЦЬ

5.1 Аналіз літературних джерел

Основними завданнями технічного прогресу, що стоять перед машинобудуванням, є підвищення продуктивності та зниження собівартості виготовлення деталей.

Головна і основна проблема полягає в наявності підвищених вимог при механічній обробці деталей авіаційних двигунів, які зумовлюють високу вартість як серійного виготовлення, так і на стадії технологічної підготовки виробництва. Характерними особливостями більшості деталей авіаційних двигунів є мала жорсткість і складна геометрія, що пояснюється прагненням до зниження їх маси за умови збереження експлуатаційних характеристик. Крім традиційно дорогих і складних у виробництві деталей газового тракту високу вартість в сучасних авіаційних двигунах набувають і корпусні деталі, що мають форму великогабаритних тонкостінних кілець.

Основними труднощами при механічній обробці розглянутого типу деталей є відгин стінки кільця під дією сили різання, а також незадовільна якість обробленої поверхні. У порівнянні з деталями іншого типу, тонкостінні деталі мають схильність до появи при лезвійній обробці пластичних деформацій, які в значній мірі ускладнюють процес їх виготовлення. Застосування спеціального оснащення, яка жорстко фіксує тонкостінні елементи, дозволяє поліпшити якість оброблюваної поверхні, але часто не дозволяє забезпечити задану точність обробки. Як правило, це виражається в релаксації залишкових напружень, яка призводить до втрати форми і геометричних розмірів обробленої поверхні після зняття обробленої деталі з такого пристосування.

Визначення конструктивних критеріїв, які значно впливають на жорсткість тонкостінної деталі великого діаметру, дозволяє швидко оцінити

технологічність виробу з точки зору досяжної точності його механічної обробки.

В якості досліджуваного матеріалу була прийнята конструкційна високолегована сталь 07X12НМБФ-Ш ТУ 14-1-2271-77, яка часто застосовується при виготовленні деталей типу «кілець» (рис.5.1) в двигунах. Оскільки кільце є тілом обертання, то в якості методу лезвійної обробки деталей подібної конструкції, як правило, застосовується токарна обробка. При цьому величина сили різання на чистових режимах обробки складає дещо менше $F = 1000$ Н. Аналіз конструкторської документації розглянутої групи деталей нових авіаційних двигунів середньої розмірності показав, що величина товщини стінки для них варіюється в межах 0,7...2,2 мм, висоти стінки – 20...80 мм, діаметра – 400...1450 мм. Ці значення та інтервали були прийняті в якості вихідних даних і граничних умов при моделюванні статичного силового впливу при механічній обробці.

Оцінка геометричній піддатливості відповідальних елементів великогабаритного тонкостінного кільця на основі моделювання дозволяє оцінити технологічність конструкції з точки зору лезвійної обробки вже на стадії технологічної підготовки виробництва і вжити відповідних заходів для виключення браку [30, с.31].



Рисунок 5.1 – Модель деталі «Кільце зовнішнє» виконано в програмі
SIEMENS NX

Проаналізувавши структуру типових ТП виготовлення кілець (дисків) ГТД [31, 32, 33] можна побачити, що токарні операції значно переважають в процесі механічної обробки цих деталей [34].

Токарної обробкою забезпечується знімання максимального обсягу матеріалу оброблюваних заготовок. Залежно від вихідних параметрів точності і якості поверхні готового виробу, цей вид обробки може бути або остаточним, або підготовчим для подальших механічних операцій і, внаслідок цього, перевищує половину обсягу всієї обробки різанням, що підкреслює актуальність інтенсифікації обробки важкооброблюваних матеріалів (далі ВОР) точінням. Для побудови феноменологічної моделі інтенсифікації процесу точіння ВОР, необхідно виявити особливості даної системи різання та механізм її функціонування, що включає декілька одночасних процесів: стружкоутворення, зношування ріжучого інструмента, утворення нових поверхонь тощо; встановити технологічні параметри процесів, що мають домінуючий вплив на ефективність обробки. Слід проаналізувати вплив на енергосилові, динамічні та теплові чинники процесу, а також зношування інструмента, характеристик оброблюваного та інструментального матеріалів, умов обробки, геометрії ріжучого клина [34].

При токарній обробці корпусних кілець з різними діаметрами, товщиною і висотами тонкостінних елементів, найбільше відхилення буде мати деталь з найбільшою геометричною піддатливістю тонкостінного елемента [30, с.30].

Основною перепорою на шляху підвищення ефективності процесу різання для ВОР (титан, жароміцні, жаростійкі сплави на основі нікелю тощо) є низький ступінь оброблюваності, що обумовлено хімічним складом, фізико-механічними властивостями та структурою, сформованої після термообробки.

Поняття міцності та пластичності пов'язані з поняттям дислокацій, що є елементарними носіями пластичної деформації [35].

Теорія дислокацій широко застосовується для пояснення механізму пластичного деформування. В рамках цієї теорії макроскопічні особливості

протікання процесів пояснюються мікроскопічними механізмами зародження, руху та взаємодії дефектів кристалічної будови, а процес ковзання при різанні розглядається як результат зміщення дислокацій. При цьому вважається, що розрив атомних зв'язків в кристалічній ґратці відбувається під дією локальних напружень в результаті їх концентрації поблизу дефектних ділянок структур з незначними середніми напруженнями за перерізом [34].

В роботі [26] відмічається, що при обробці металів різанням з попереднім підігрівом ймовірна поява, пов'язана з дислокаційною картиною ковзання, дифузійний механізм деформації в поєднанні з деформацією зсуву чи утворенням подвійних кристалів. Змінюючи рухомість дислокацій, можна керувати пластиною деформацією твердих тіл, і, як наслідок, впливати на ефективність процесу різання [25].

5.2 Можливі шляхи вирішення

Прогресивними для інтенсифікації процесу різання ВОР є комбіновані методи обробки, засновані на використанні додаткових джерел енергетичного впливу на оброблюваний матеріал в зоні різання [34]. Розглянемо основні.

Обробка з додатковим тепловим впливом - широко застосовується у виробництві. Метод, при якому використовують або суцільний нагрів матеріалу заготовки в печах, або локальний нагрів, що реалізується через плазмовий, лазерний, індукційний, електроконтактний або фрикційний вид нагріву в комбінації з додатковою механічною енергією. Метод ефективний для обробки сталей та сплавів високої міцності, тугоплавких, а також нержавіючих та жароміцних матеріалів, але має ряд істотних недоліків:

- при суцільному нагріванні є необхідність установки печей в механічних цехах;

- потрібне застосування засобів захисту обладнання (станків, верстатів тощо) від теплового впливу;
- виникають труднощі, пов'язані з переміщенням і закріпленням заготовок;
- для плазмового нагріву характерне: при локальних способах нагріву виділення шкідливих аерозолів, яскраве світіння, шум та невисока якість поверхні;
- при лазерному нагріванні – складність обслуговування установок, їх висока енергоємність та вартість, малий ККД;
- використання процесу індукційного нагріву ускладнено при обробці заготовок з нерівномірним припуском: ККД установки є невисоким, можливе виникнення дефектного шару на поверхні деталі внаслідок значного прогріву заготовок;
- при електроконтактному нагріванні використовується енергоємна установка складна в обслуговуванні [34].

Різання з випереджаючим пластичним деформуванням [37] - метод, при якому використовуються в якості додаткового механічного джерела енергії різні способи поверхневого пластичного деформування: накочення роликком, ультразвукове зміцнення, карбування, вигладжування, відцентрова обробка. Недоліком є необхідність у додатковому оснащенні та подальших модернізаціях обладнання.

Вібраційне різання з електричним підігрівом. Метод вимагає узгодження подачі імпульсів струму з критичним станом пружного деформування в зоні різання. Відсутність узгодженості призводить до небажаного нагрівання зон контакту оброблюваного матеріалу із задньою поверхнею інструмента і, як наслідок, спричиняє введення надлишкової електричної енергії, а отже, термічного перенапруження в поверхневих шарах оброблюваної деталі; можливе виникнення мікро іскор, супроводжуваних розрив електричних ланцюгів. Основними недоліками є:

- витрата великої кількості енергії;

- зниження стійкості інструмента;
- складність підтримки акустичного контакту;
- обмеженість геометричних розмірів пристроїв для отримання резонансного режиму роботи;
- труднощі, пов'язані з конструктивними характеристика промислових установок [34].

Метод високошвидкісної обробки (далі ВШО) з додатковим тепловим впливом, що реалізується за допомогою фрикційного диска, з встановленим на торцеву поверхню різцем з твердого сплаву [38]. ВШО проводиться в основному на легких сплавах і конструкційних матеріалах, забезпечуючи високу якість поверхні і підвищення продуктивності при граничному факторі стійкості різального інструмента. Обробка ж важкооброблюваних матеріалів з тепловою дією сприяє підвищенню продуктивності, але забезпечує в основному невисоку якість поверхні та відбувається на невисоких швидкостях різання: $V_{\text{різ}} = 10 \dots 100$ м/хв. Основним недоліком цього методу є необхідність балансування інструмента при високих швидкостях різання понад 10 м/с [34].

Обробка з впливом імпульсів електричного струму [39] – метод обробки, при якому через зону різання пропускають імпульси електричного струму і регулюють тривалість імпульсів та пауз в залежності від фази пружного деформування матеріалу в зоні різання за вібраціями ріжучої кромки різця. Система передбачає три можливих варіанти функціонування: основний – з синхронізацією моменту подачі імпульсів струму в зону різання по фазі коливань ріжучої кромки різця і два самоналагоджувальних: з контурами самоналаштування за амплітудою коливань різця та температурі в зоні різання відповідно. Недоліками методу є труднощі, що пов'язані з необхідністю синхронізації моментів подачі імпульсів електричного струму і конструктивними особливостями промислових установок [34].

Аби виправити стан форми деталі при обробці, під час якої деталь відчуває на собі великі за значенням сили різання, при точінні тонкостінних

заготовок великого діаметра для зниження сил різання і, відповідно, зменшення величин відгину деталі рекомендовано використання меншого радіусу ріжучої кромки пластини та гостру геометрію ріжучого клину [29].

Аналіз розглянутих вище комбінованих методів обробки, показує, що реалізовані технологічні розробки, спрямовані на вирішення проблем підвищення ефективності точіння ВОМ не є вичерпними внаслідок зазначених недоліків [34].

На рисунку 5.2 представлено кільце з викружками у внутрішній діаметр та з ущільнювачами типу «сот» для двигуна Д-36. Товщина стінок складає до 2 мм без врахування ущільнювачів. Матеріал деталі: конструкційна сталь Х12Н20Т3Р – сталь жароміцна, аустенітна.



Рисунок 5.2 – Кільце з викружками

На його прикладі розглянемо особливість виготовлення. Вона полягає в наступному: заготовка отримується з прокату, який загинається на оправці у кільце та зварюється за допомогою анодно-дугового зварювання, охолоджується та правиться вручну чи на спеціальному верстаті. На верстаті заготовка встановлюється на оправку з упором в планшайбу торцем, інший

торець нагрівається до температури 350-400 С° та під тиском відбуртовується до необхідного діаметру та товщини отриманого буртика. Після охолодження деталь перевстановлюється та таким же чином відбуртовується другий торець деталі до необхідних розмірів з послідуочим охолодженням. Важливим аспектом є контроль кілець, виконаних за таким ТП: відбувається ретельна перевірка на предмет деформування металу, появи мікротріщин та паспортних розмірів.

Слід відзначити, що значний вплив на якість виконаної обробки деталі впливає точність станкового пристосування. Воно повинно забезпечувати надійну фіксацію заготовки та запобігати її зміщенню в процесі обробки під дією сил різання, проте з іншого боку, прикладання надто великих зусиль чи неправильний вибір схеми закріплення може спричинити появу додаткових похибок при зміні (деформуванні) геометрії деталі. Похибки можуть також виникнути після зняття деталі з пристосування внаслідок пружного відновлення форми.

Типовий приклад найпоширенішого типу пристосування для закріплення деталей типу «кільця» (тіла обертання) на столах станків токарної та фрезерної груп представлено на рис. 5.3. Воно складається з основи – планшайби, упорні кільця (сегменти), місць для кріплення прихватів гвинтами. До столів кріпиться за рахунок шпонок та гвинтів. Має широке застосування за рахунок зручності та простоти у використанні: кільце встановлюється на планшайбу з упором по внутрішньому діаметру в упорні кільця (сегменти) та за рахунок прихватів затискається зверху заготовки.



Рисунок 5.3 – Типовий приклад пристосування для деталей тіл обертання

При вивченні питання технологічного забезпечення точності обробки велике значення мають деформації поверхневих шарів заготовки, що виникли при закріпленні в пристосуванні. Ці деформації можуть мати значний вплив на точність обробки внаслідок поверхневих дефектів з'єднаних поверхонь, що також впливатиме на жорсткість всієї конструкції.

Оскільки похибки можуть виникнути не тільки в процесі механічної обробки, а й на етапі технологічної підготовки виробництва (зокрема, під час налагоджуванні оснащення), доцільно дослідити вплив точності форми елементів баз станкового пристосування на вірогідність виникнення похибок форми та розмірів оброблюваної поверхні [40].

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

На прикладі токарних різців визначаємо річний економічний ефект від впровадження металорізального інструмента зі змінними пластинами на основі сплаву SUMO TEC 807 – міцного субмікронного складу вкритого TiAlN PVD покриттям замість звичайних різців з напайними пластинами чи без, котрі потребуватимуть частішого виправлення геометрії чи заміни на новий після контакту з важкооброблюваним матеріалом (жаростійка-жароміцна сталь, титан).

Вихідні дані для розрахунків наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Вихідні данні для розрахунку економічної ефективності

Показник	Варіант I	Варіант II
	Різець звичайний	Різець зі змінною пластиною
Річний обсяг виробництва деталей П, шт	1000	2000
Собівартість інструмента С, грн	150	250
Питомі капіталовкладення K_P , грн	75	110
Строк служби інструмента (при нормальних умовах зберігання), років	5	10
Річні експлуатаційні витрати споживача В, грн	14,7	3,81
Супутні витрати споживача K_C , грн	83	72,3
Нормативний коефіцієнт прибутковості інвестицій Е	0,15	0,15

Визначаємо приведені витрати за обома варіантами за формулою (6.1):

$$З_i = C + E \cdot K_{\Pi}, \text{ грн,} \quad (6.1)$$

де C – собівартість інструмента;

E – нормативний коефіцієнт прибутковості інвестицій;

K_{Π} – питомі капіталовкладення i -го варіанту.

$$З_1 = 200 + 0,15 \cdot 75 = 211,25 \text{ грн,}$$

$$З_2 = 300 + 0,15 \cdot 110 = 316,5 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річний економічний ефект за формулою (6.2):

$$E = \left(З_1 \cdot \frac{\Pi_2 \cdot (T_2 + E)}{\Pi_1 \cdot (T_1 + E)} + \frac{B_1 - B_2 - E \cdot (K_{C2} - K_{C1})}{T_2 + E} - З_2 \right) \cdot N, \text{ грн,} \quad (6.2)$$

де Π_1, Π_2 — річний обсяг продукції, виготовленої при використанні відповідно

базового та нового інструмента;

T_1, T_2 — коефіцієнти реновації (розраховуються як величини, обернені до строку служби): приймаємо $T_1 = 0,2$; $T_2 = 0,1$;

B_1, B_2 — річні експлуатаційні витрати споживача при використанні відповідно базового та нового інструмента;

K_{C1}, K_{C2} — супутні витрати споживача при використанні базового та нового інструмента у розрахунку на весь обсяг продукції, що виготовляється за допомогою нового інструмента;

N — річний обсяг виробництва при використанні нового інструмента.

$$E = \left(\begin{aligned} & 211,25 \cdot \frac{2000 \cdot (0,1 + 0,15)}{1000 \cdot (0,2 + 0,15)} + \\ & + \frac{14,7 - 3,81 - 0,15 \cdot (72,3 - 83)}{0,1 + 0,15} - 316,5 \end{aligned} \right) \cdot 1000 = 35265 \text{ грн.}$$

Згідно розрахункам визначено економічний ефект від використання різця зі змінними пластинам на основі надміцного сплаву. Річний економічний ефект становитиме 35265 грн.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НЕБЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

На виробництві під час ТП виготовлення деталі робітник взаємодіє з різноманітним обладнанням, яке безпосередньо чи внаслідок інших чинників (електромагнітних хвиль, випромінювання тощо) впливає на його організм та на навколишнє (оточуюче) середовище.

Процес обробки виконується здебільшого на новітніх верстатах з ЧПК, що оснащені системою сповіщення та контролем операції, механічними дверцятами для запобігання втручання оператора (робітника). Також застосовується: верстат спеціальний для обробки отворів, верстати з пневматичними заточувально-полірувальними приладами, різноманітні різальні інструменти та мийна машина.

Під час роботи за станками чи верстатами можливе:

— травмування від вильоту інструмента чи деталі під час обробки, що викликані неправильно розрахованими режимами різання чи внутрішньою помилкою програми станка — це може спричинити пошкодження тіла робітника внаслідок удару;

— травмування від недбалого користування різальним чи контрольним інструментом, пристосуванням чи деталлю під час встановлення у обладнання, знятті чи транспортуванні: гострі кромки цих об'єктів можуть спричинити порізи, а великогабаритні при падінні — удари та переломи;

— травмування від перевантаження мережі або вихід з ладу електрообладнання: можливе ураження струмом, що може призвести до опіків або непритомності.

До психофізіологічних чинників слід віднести:

— неправильний обмін речовин в організмі, втома та втрата концентрації під час роботи, погіршення функцій органів зору, слуху,

тактильного відчуття тощо: найчастіше викликані працею робітника переважну частину ТП в монотонному положенні (оператори ЧПК, слюсарі, полірувальники за полірувальними бабками) – стоячи чи сидячи або в постійному напруженні окремих органів чи частин тіла, наприклад: зору, слуху, постійною роботою руками;

— стреси, що можуть бути викликані особистою поведінкою людини, взаємодією з людьми на роботі, надвисоким ступенем відповідальності, недосвідченістю; психічні розлади, які притаманні людям, що перебувають в нестабільному нервовому стані поза роботою.

До основних небезпечних санітарно-гігієнічних чинників відносяться:

— дрібнодисперсний пил, що з'являється під час роботи на полірувальному обладнанні у цеху з неефективною або зламанною вентиляцією: осідання пил впливає на органи дихання та може викликати задишку, кашель, подразнення внутрішніх органів тощо;

— потрапляння на шкіру та в організм хімічних речовин: спричиняється недбалим використанням (не за призначенням, робітником без відповідної кваліфікації, без спецодягу) на обладнанні: можуть призвести до подразнення шкіри, а при потраплянні до організму викликати отруєння людини;

Нехтування правилами пожежної безпеки може призвести до знищення матеріально-технічного устаткування підприємства (цеху) внаслідок несправності системи протипожежної безпеки, що в свою чергу може викликати:

— займання робочих приміщень (адміністративних, інструментальних будівель тощо): може спричинити опіки різного ступеню важкості або загибель персоналу;

— вихід з ладу обладнання, який використовувався не за призначенням чи без належного техогляду, який проходив не в зазначені терміни: може спричинити самозаймання або вибух та нанести тілесної шкоди персоналу, що знаходиться в зоні ураження.

Загалом небезпеки на виробництві можуть бути викликані:

— внаслідок людського недбальства та невідповідності не тільки окремого робітника, а й керівних структур, які повинні перевіряти, повідомляти та запобігати поширенню надзвичайного стану;

— внаслідок природних катаклізмів, що можуть викликати руйнування споруд та обладнання або пожежу.

7.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

У роботі з інструментальним оснащенням та пристроями необхідно дотримуватися «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Затверджено Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 р. за № 327/25104, а також НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» [23].

Використання верстатів з ЧПК дає змогу менше втручатися в процес обробки та слідкувати і вносити корективи без безпосереднього втручання у процес обробки чи у зону, де розташована деталь, саме за допомогою вбудованої системи керування. Для обробки деталі на верстатах у даному ТП застосовуються: механічна захисна кабіна з дверцятами згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» [24], що перекривають доступ до робочої зони на час обробки. Новітня система керування станком унеможливорює помилкове потрапляння сторонніх предметів чи робітника в цей час та в будь-який час зупинити роботу лише натисканням однієї кнопки чи за допомогою вбудованих чи налаштованих алгоритмів безпечної роботи для даного верстату.

Габарити столу верстатів дозволяють безперешкодно встановлювати і знімати деталь, а також в разі необхідності швидко і зручно проводити контроль деталі чи ремонтні або переналагоджувані роботи обладнання.

Як в цеху, так окремо на ділянці сумарне значення шуму від роботи верстатів регламентується згідно з ГОСТ 12.2.107-85 «ССБТ. Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики». [41].

Під час роботи поруч або безпосередньо за електроустановкою існує небезпека ураження струмом, тому необхідно дотримуватися правил безпеки за НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [42], НАПБ В.01.056-2013/111 «Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція» [43] виконувати обробку тільки на справному обладнанні. Наслідки ураження залежать від опору організму, середовища, тривалості дії, частоти та роду струму тощо.

Усе обладнання використовується із захисним заземленням згідно ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги». Згідно «ПУЕ» опір захисного заземлення не перевищує 4 Ом для електрообладнання з напругою до 1 кВ [22].

Для переміщення великогабаритних та важких деталей між рядами застосовують у цеху кран-балки, тому під час його використання необхідно дотримуватися ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні».

Під час полірування конструкційної сталі ручним чи автоматичним пристроєм необхідно дотримуватися вимог ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» [44].

В цеху, де розташована ділянка обробки деталі для дипломного проєкту, «Кільце зовнішнє», розташовується значна кількість інших ділянок та приміщень, на котрих також відбувається обробка. Переміщення та транспортування деталей між дальніми ділянками забезпечується за допомогою електромобілів (електрокар). Їх використання регламентується НПАОП 63.1-7.26-86 ОСТ 23.33-86. «Обеспечение безопасности эксплуатации внутризаводского автодорожного транспорта» [45].

Задля мінімізації негативних наслідків таких як: травмування чи перевтомлення на робочому місці слід дотримуватися вимог державного стандарту України ДСТУ 7950:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги» та ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» [46].

Для подальшого запобігання травматичних випадків на виробництві кожен діючий та новий працівник повинен проходити інструктаж (вступний та первинний). Дотримання вимог обов'язкового проходження інструктажів за НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [21]. Для оцінки фізіологічного стану працівника перед початком роботи необхідно проходити медичний огляд згідно Наказу Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» [48]. В подальшому медичний огляд відбувається за рахунок роботодавця.

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 [26], ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [47].

Мікрокліматичні умови на ділянці відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [26], ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» та ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» [25]. Роботи на ділянці належать до категорії Пб – середні фізичні роботи, що характеризуються інтенсивністю енерговитрат 201...250 ккал/год, пов'язані з рухом, переміщенням чи перенесенням устаткування (деталі, інструменти тощо) до 10 кг та супроводжується помірним фізичним напруженням. Передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

—у холодну пору року: температура 15...17°C; відносна вологість: 15...75%; швидкість повітря: 0,1 м/с;

—у теплу пору року: температура 16...19°C; відносна вологість: 15...75%; швидкість повітря: 0,1 м/с.

Враховуючи, що деталь виготовлена з конструкційної високолегованої сталь 07X12НМБФ-Ш, то в процесі її обробки утворюється дрібнодисперсна залізна пил. Згідно ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [49] допустима норма складає 10 мг/м³, що відноситься до 4 класу небезпеки. Його потрапляння на шкіру та в організм людини може призводити до різних захворювань, одне найпоширеніших – це порушення органів дихання. Приміщення, в яких відбувається обробка, повинно бути обладнане вентиляцією, що відповідає ГОСТ 2.2.137-96 «Оборудование для кондиционирования воздуха и вентиляции. Общие требования безопасности» [53]. Для захисту персоналу використовуються спецодяг (окуляри, захисні маски, рукавички) з обов'язковим дотриманням вимог стандарту ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» [44].

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму,

ультразвуку та інфразвуку» [50]. Зниження рівня шуму в приміщенні здійснюється за допомогою використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час роботи на обладнанні як на ділянці, так і в цеху загалом при одночасній роботі та великій завантаженості можуть перевищувати допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [51], ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги» [52], а також ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [50]. Для запобігання травмування та пошкодження нервової системи слід використовувати захисні навушники та спецодяг (віброізолююче взуття, рукавички) за НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року №966[54].

7.4 Заходи з пожежної небезпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення механообробної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [59].

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» [27] приміщення відноситься до класу можливої пожежі:

— А – пожежі, що супроводжується горінням твердих матеріалів;

— В – пожежі, що супроводжуються горінням рідин або твердих речовин, що переходять у рідкий стан;

— С – супроводжуються горінням газів;

— D – супроводжуються горінням важких металів.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою регламентованої ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [28] та СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания» [55] механічна дільниця відповідає категорії «Б» з пожежної небезпеки – вибухопожежонебезпечна – горючі пил і/або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище 28°C, горючі рідини, нагріті вище температури спалаху, у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило- пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа.

Приміщення цеху, в якому розташована дільниця, відповідає НАПБ Б.06.004-2005 «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації» [56].

Системи протипожежного захисту відповідають стандартам ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» [57]. Ділянка обладнана автоматичними сигналізаторами пожежі.

Система пожежного водопостачання та первинні засоби пожежогасіння відповідають вимогам «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 [58].

На рис.7.1 представлено план евакуації з дільниці механічної обробки групи №5.

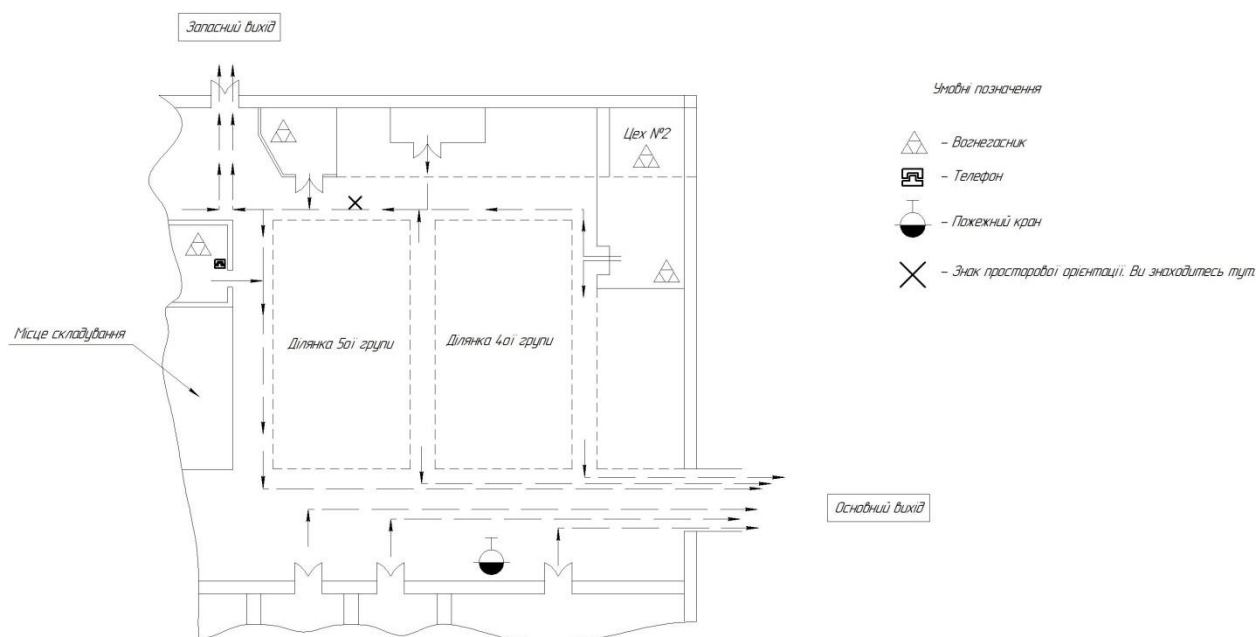


Рисунок 7.1 – План евакуації ділянок 4-ї та 5-ї групи

Вихід з діляниці на вулицю можливий у двох напрямках через «Запасний вихід» та «Основний вихід». Ширина запасного виходу складає 3,5 метри; висота 3 метри. Ширина основного виходу складає 4,5 метри; висота 3 метри. Ширина проходів між ділянками та приміщеннями складає 2...2,5 метри.

Обладнання на діляниці розташовано в два ряди. Доступ до них є з проходів, тому за необхідністю можна швидко і безперешкодно покинути місце в разі необхідності. На рисунку 7.2 умовно зображено схему розташування обладнання (станків, верстатів) на діляниці.

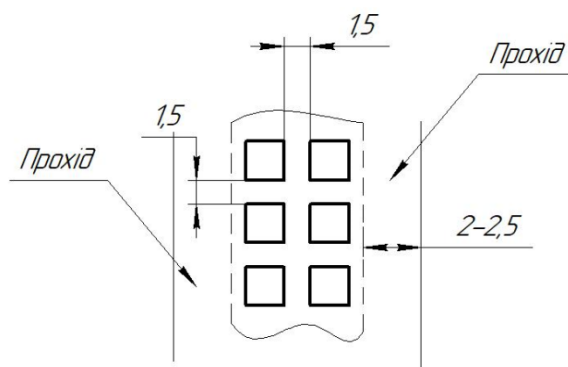


Рисунок 7.2 – Умовна схема розташування обладнання

Відстань між станками регламентована ОНТП 14-96 [60] і складає не менше, ніж 1,5 метри, а для великогабаритного обладнання – 2...2,5 метри.

Ширина головної дороги, що веде до основного виходу складає 4,5 метри. Цех відокремлюється від виходу на подвір'я двома дверима (на напрямку основного виходу), що розташовані на відстані 6 метрів одна від одної.

Дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації:

1. повідомити керівництво дільниці, цеху, місця, де відбулася надзвичайна ситуація;
2. вжити заходів, що направлені на евакуацію людей та збереження матеріальних цінностей.
3. за потреби викликати аварійно-рятувальні служби.

7.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Розглядається порядок дій робітників і службовців промислового об'єкта та непрацюючого населення при аварії на хімічно небезпечному об'єкті (далі ХНО) з викидом сильнодіючих отруйних речовин.

Загальні дії при появі надзвичайної ситуації:

1. за сигналом «Аварія на ХНО» надягти протигаз, засоби захисту шкіри й укритися в захисній споруді;
2. при загрозі хімічного зараження прийняти тарен з аптечки АІ-2, за погіршенням стану прийняти ще одну таблетку.

Найбільш розповсюдженими сильнодіючими отруйними речовинами (далі СДОР) є хлор та аміак.

Варіант тексту звертання чергового диспетчера штабу цивільної оборони може бути таким: «Увага! Увага! Говорить диспетчер (найменування ХНО або штаб ЦЗ міста). Громадяни! На (найменування об'єкта) відбулася аварія з викидом (найменування СДОР). Хмара

зараженого повітря поширюється в напрямку (найменування об'єкта, вулиці, району, міста). В зону хімічного зараження попадають (найменування об'єктів підприємства, району, населеного пункту).

Робітникам та службовцям (найменування об'єкту) негайно надягти промислові протигази та зайняти захисні споруди (якщо в них забезпечується регенерація повітря).

Робітникам, службовцям та населенню (найменування цехів, районів, установ) залишатися в будинках. Здійснити герметизацію своїх приміщень.

Населенню (найменування вулиць, районів) негайно залишити житлові будинки, будівлі підприємств, установ і вийти в район (вказується напрямок).

Якщо ви не маєте при собі протигаза і не встигли до підходу хмари зараженого повітря залишити цех (будинок, установу), то залишіться в ньому, щільно зачиніть вікна, квартирки та двері, припиніть доступ повітря ззовні. Сповістіть про аварію сусідів. Надалі дійте відповідно до вказівок адміністрації об'єкта (штабу ЦЗ міста).»

Отримавши сигнал «Увага всім!» та звертання, місцеві органи влади, керівники ДЕЗ (ЖЕК) організовують оповіщення населення за місцем проживання з використанням усіх наявних у їх розпорядженні засобів.

Робітники та службовці, почувши сигнал сповіщення, негайно використовують засоби індивідуального захисту (далі ЗІЗ) – ізолюючі та промислові протигази, потім виконують заходи, передбачені на цей випадок спеціальною інструкцією підприємства (цеху), укриваються в підготовлених сховищах чи виходять із зони зараження. При оголошенні безпосереднім керівником робіт рішення про евакуацію зобов'язані з'явитися на збірні евакуаційні пункти об'єкта.

Особи, які входять до складу невоєнізованих формувань ЦЗ, прибувають на пункт збору формування і беруть участь у локалізації та ліквідації вогнища хімічного зараження. Особи, які одержали незначні ураження, звертаються в медичні установи для визначення ступеня ураження і проведення профілактичних заходів. В усіх випадках вхід у виробничі будівлі, підвали й інші приміщення дозволяється тільки після контрольної

перевірки вмісту СДОР за рішенням безпосереднього керівника робіт з ліквідації аварії.

Почувши повідомлення про аварію, населення, яке попадає в небезпечну зону, повинне швидко застосувати найпростіші ЗІЗ органів дихання та шкіри.

Перебуваючи у квартирі чи службовому приміщенні, потрібно негайно зачинити вікна, кватирки, двері, вимкнути газ та інші нагрівальні прилади, загасити вогонь у печах. Для прослуховування звертання, інформації та вказівок необхідно ввімкнути місцеві програми радіомовлення і телебачення (не забути вимкнути перед виходом із приміщення). Якщо є можливість, повідомити про небезпеку сусідів.

Необхідно враховувати, що ще кілька хвилин може бути витрачено на оголошення сигналу «Увага всім!» і мовного звертання.

Слід також знати, що вражаючий вплив конкретного СДОР на людину в основному залежить від його концентрації в повітрі і тривалості його впливу. Тому, якщо немає можливості залишити небезпечну зону до підходу первинної хмари, не піддавайтеся паніці і продовжуйте вживати заходи захисту.

Перебуваючи на вулиці, не слід торкатися будь-яких предметів.

Для захисту органів на вулиці й у приміщенні можна використовувати вироби з тканини (маски), змочені водою хутрянні або ватяні частини одягу. При закритті ними органів дихання знижується концентрація шкідливих домішок у вдихуваному повітрі в результаті їхньої адсорбції на волокнах фільтруючого матеріалу сухої пов'язки або поглинені водою, що зменшить тяжкість ураження. Для захисту шкіри можливе застосування шапок, рукавичок, штанів тощо.

При недоцільності чи неможливості термінової евакуації, відсутності сховищ або інших герметичних приміщень можна тимчасово, хоча б на період проходження первинної хмари, залишитися в житлових чи службових приміщеннях, уживши заходи щодо їх герметизації.

Знаючи тип СДОР та його властивості, зокрема вагу парів відносно повітря, можна зорієнтуватися, в яких приміщення доцільно укритися. Якщо пари СДОР важчі за повітря потрібно: укритися на верхніх поверхах будинків і навпаки, якщо пари СДОР легші за повітря, доцільніше укриватися на нижніх поверхах багатоповерхових будинків.

У ряді випадків передбачається можливість тимчасового укриття людей у сховищах, обладнаних фільтровентиляційними установками. Однак після проходження первинної хмари при несприятливій обстановці організовується евакуація. При укритті населення у сховищах, укриттях, розташованих, як правило, у підвалах будинків, слід пам'ятати, що багато СДОР, важчі за повітря, можуть накопичуватися в низьких місцях та потрапляти у підвали. Крім того, ряд СДОР не затримується фільтрами. У таких випадках сховища використовуються в режимі повної ізоляції.

Збір людей у містах проводиться по будинках та під'їздах. Напрямок виходу населення з небезпечної зони вказується представником органів ЦЗ чи поліції. Якщо їх поблизу не виявиться, то потрібно виходити у бік, перпендикулярний напрямку вітру, за можливістю на підняту ділянку місцевості з чистим повітрям [16].

Висновок

На підставі аналізу основних причин виникнення травмування окремого робітника чи надзвичайної ситуації, що може спричинити руйнування обладнання, приміщень та будівель встановлено, що подібні результати є наслідками недотримання норм та стандартів, що передбачають в собі належне використання та експлуатацію устаткування, поведінку людини на промисловому об'єкті під час робочого процесу.

Для мінімізації та запобігання негативних наслідків необхідно забезпечувати чітке виконання норм та правил, що регламентовані державними та міжнародними стандартами для виробничих потреб.

ВИСНОВКИ

В технічній частині магістерської роботи було розглянуто 2 види отримання заготовки для деталі «кільце зовнішнє»: зварений полосовий прокат та поковка. Вивчивши конструкцію деталі, її службове призначення, матеріал для її виготовлення та річну програму випуску обираємо заготовкою для виготовлення деталі зварний полосовий прокат в якості найбільш раціонального методу виготовлення заготовки. Визначено тип виробництва: дрібносерійний при $N = 1500$ од/рік.

Розроблено поетапний МВД та детальний маршрут обробки 2-ох поверхонь табличним та розрахунково-аналітичним методом (РАМОП).

Проведено розрахунок режимів різання для другого переходу Оп.10 Токарна з ЧПК та Оп.25 Фрезерно-свердлильна з ЧПК, котра складається з трьох переходів: центрувального, свердлильного та фрезерного, та технічне нормування на Оп.25. За допомогою CAM/CAD/CAE-системи SIEMENS NX представлена розробка цих 4-ох технологічних переходів на різні операції на високопродуктивному станку з ЧПК моделей SPINNER TC 800-77 для Оп.10 та VC750 для Оп.25.

В конструкторській частині представлено конструкції та принципи роботи робочого та контрольного пристосувань. Проведено розрахунок похибки базування та закріплення, точності та необхідної сили затискання деталі для робочого пристосування, і обрано вид приводу: ручний; розрахунок на точність для контрольного пристосування.

В пункті «Автоматизація» зазначена доцільність використання засобів «активного контролю» на станку з ЧПК, що може проводитися без втручання з боку оператора, а лише за допомогою програмного забезпечення та циклів.

За допомогою модулю NX Advanced Simulation розраховано поведінку моделі кільця на міцність в спрощених експлуатаційних умовах. Під час розрахунку модель була розбита на сітку кінцевих елементів (КЕ), отвори були фіксованою базою та послідовно у просічки було прикладено різний за

значенням тиск P , МПа. Вдалося визначити найбільш навантажені зони та запропонована оптимізація геометрії деталі.

В спеціальному завданні розглянуті основні вимоги до деталі типу «кільця» для авіадвигунів та запропоновані методи для забезпечення, що дозволять отримати при механічній обробці необхідну точність.

Обґрунтована доцільність використання в дрібносерійному типі виробництва новітніх металорізальних інструментів зі змінними пластинами з надтвердого сплаву в порівнянні зі звичайними.

Розглянуті основні фактори небезпеки на підприємстві та способи їх вирішення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Богуслаєв В.О., Ципак В.І., Яценко В.К. Основи технології машинобудування : навч. посіб. [для студ. маш.-буд. спец. ВНЗ]. – Запоріжжя: Вид-во ВАТ "Мотор Січ", 2003. – 336 с.

2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Технології машинобудування» (розділ – проектування технологічних процесів), для студентів напрямку 6.050502. Спеціальності «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання, / Укл.: О.В.Алексєєнко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 86с.

3. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: Підручник/ за заг. ред. доц. В.М.Плескача. – Запоріжжя: Просвіта, 2013. – 372с., іл. 146.

4. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 697 с., ил.

6. Марфицын В.В., Овсянников В.Е. Расчет и проектирование контрольных приспособлений: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 57 с.

7. Садовников И.В. Контрольно-измерительные приспособления: учеб. пособие / И.В. Садовников. – Чита: ЧитГУ, 2008. - 178 с.

8. А.С. Смагин Проектирование контрольно-измерительного приспособления [Электронный ресурс] : Методические указания к практической работе по дисциплине «Технологическая оснастка» для

студентов любой формы обучения всех машиностроительных специальностей и направлений / А.С. Смагин. – Электрон. текстовые дан. – Екатеринбург: УФУ, 2018. – 48 с.

9. Конструкция приспособлений. Справочное пособие. Под общей редакцией В.А. Богуслаева. Изд. ОАО «Мотор Сич», Запорожье – 2004 г. – 203 стр.

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

11. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

12. Справочник нормировщика – машиностроителя. Техническое нормирование механосборочних работ. Под. ред., Е.Н. Стружестраха – М.: Машгиз, 1961. – т.2.

13. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання. / Склали: Яценко В.К., Ципак В.І., Коренєвський Е.Я., Хорошков В.Д., Кононов В.В., Смирнов О.С., Сахно О.Г., Зінкевич К.В., Гончар Н.В., Рубель О.В., Пухальська Г.В., Олексієнко О.В., Каліуш В.І., Савчук Н.О. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000. 245 с.

14. Расчет приспособления на точность: практикум по дисциплине «Изготовление деталей самолета» для студентов, обучающихся по направлению 24.03.04 «Авиационное машиностроение» и специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» / сост. С. А. Кобелев. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 39 с.

15. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист : підручник / М.І. Стеблюк. – 3-тє вид., стер. – К.: Знання, 2013. – 487 с.

16. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

17. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.

18. ПЕРЕДАЧА ВИНТ - ГАЙКА: учебное пособие/ сост. В.О. Варганов, М.В. Аввакумов, М.В. Колычев, В.М. Гребенникова, В.А. Романов; СПбГТУРП. – СПб., 2015 – 57с.

19. Методичні вказівки з оформлення технологічної документації в курсових проектах та магістерських роботах для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.:В.О. Логомінов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 70 с.

20. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Технологія машинобудування»; 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізація) «Металорізальні верстати та системи; 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок» / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 32 с.

21. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

22. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

23. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966 .

24. ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]: – Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

26. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила).

27. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. – На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016 / Мінекономрозвитку України, 2014. – 7 с. (Державний Стандарт України).

28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України).

29. Сурков И.В., Суркова А.И., Буртовой В.М.. Системы автоматизированного контроля деталей и диагностики состояния режущих инструментов для станков с ЧПУ. Программное обеспечение циклов измерения и технологического управления. – 14 с.

30. Тиждень науки-2020. Машинобудівний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 13–17 квітня 2020 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана. ISBN 978-617-529-259-4.

31. Демин, Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей [Электронный ресурс] : [учебник] / Ф. И. Демин, Н. Д. Проничев, И. Л. Шитарев; под. общ. ред. проф. Ф. И. Демина. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

32. Сулима, А.М. Основы технологии производства газотурбинных двигателей [Текст] : учебник для студентов авиац. спец. вузов / А.М. Сулима, А.А. Носков, Г.З. Серебренников. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1996. - 480 с.: ил.

33. Мозговой, В. Ф. Обеспечение параметров качества полых валов ГТД технологическими методами [Текст] : дис...канд. техн. наук: 05.07.04 / Мозговой Владимир Федорович. - Открытое акционерное общество "Мотор Сич". - Запорожье, 2002. - 326л. - Библиогр.: л. 311-323.

34. Методы интенсификации точения дисков и валов ГТД из труднообрабатываемых материалов / Долматов А.И., Курин М.А., Воронько В.В., Скорченко И.В. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія 2. Машинобудування. – 2015. – Вип. 74. – С. 84-89.

35. Китель, Ч. Квантовая теория твердых тел [Текст] / Ч. Китель. – М.: Наука, 1967. – 491 с.

36. Подураев, В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания [Текст] : В.Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1977.

37. Ярославцев В.М. Резание с опережающим пластическим деформированием [Текст] / : учеб. пособие по курсу «Перспективные технологии реновации» / В.М. Ярославцев. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 46 с.

38. Насад, Т. Г. Высокоскоростная лезвийная обработка труднообрабатываемых материалов с дополнительными потоками энергии в зоне резания [Текст] : дис. ... д. техн. наук: 05.03.01, 05.02.08; / Насад Татьяна Геннадиевна. – Саратов, 2005. – 399 с.

39. Шадский, В.Г. Точение деталей из труднообрабатываемых материалов при воздействии импульсов электрического тока [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01; / Шадский, Владимир Геннадиевич. – Тула, 2009. – 133 с.

40. Денисова Е.Ю. Технологическое обеспечение механической обработки тонкостенных деталей авиационных двигателей [Текст] : дис. ...

канд. техн. наук: 05.02.08; / Денисова, Екатерина Юлоновна. – Омск, 2012. – 129 с.

41. ГОСТ 12.2.107-85 «ССБТ. Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики», <http://docs.cntd.ru/document/1200012580>.

42. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98#Text>.

43. НАПБ В.01.056-2013/111 «Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція», http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=57908.

44. ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація», http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf.

45. НПАОП 63.1-7.26-86 ОСТ 23.33-86. «Обеспечение безопасности эксплуатации внутризаводского автодорожного транспорта», https://dnaop.com/html/3143/doc-НПАОП_63.1-7.26-86.

46. ДСТУ 7950:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги» та ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги», http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66665.

47. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>.

48. Наказу Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07#Text>.

49. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», <http://docs.cntd.ru/document/901862250>.

50. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text>.

51. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text>.

52. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги», http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=30043.

53. ГОСТ 2.2.137-96 «Оборудование для кондиционирования воздуха и вентиляции. Общие требования безопасности», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0311609-08#Text>.

54. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14#Text>.

55. СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания», <http://docs.cntd.ru/document/5200092>.

56. НАПБ Б.06.004-2005 «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0990-05#Text>.

57. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», [http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.1.%20ДБН%20В.2.5 56~2014.%20Системи%20протипожежного%20захисту.pdf](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.1.%20ДБН%20В.2.5%2056~2014.%20Системи%20протипожежного%20захисту.pdf).

58. «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

59. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», <http://deos-release.com/image/catalog/img/pdf/NAPB%20A.01.001-2014.pdf>.

60. ОНТП14-96, <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293846/4293846733.htm>.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1			НУЗП 293155.018СК	Креслення складальне		
					Детали		
			1		Плита	1	
			2		Кільце	1	
			6		Прихват	8	
					Стандартные изделия		
			3		Hexagon socket set screw ISO 4028-M16x100	8	
			4		Гайка 2М16-6Н ГОСТ 15522-70	8	
			5		Шайба А.16.37 ГОСТ 11371-78	8	
			11		Hexagon socket head cap screw ISO 4762-M8x40	18	
Падп. и дата			8		Гайка 2М12-6Н ГОСТ 15522-70	8	
			7		Опора 7035-0279 ГОСТ 4084-68	8	
			10		Пружина сжатия 7039-2024 ГОСТ 13165-67	8	
			9		Шайба А.12.37 ГОСТ 11371-78	8	
			12		Штанка 7031-0607 ГОСТ 14737-69	4	
			13		Болт М12х15х20,61 ОСТ 92-0751-72	4	
Падп. и дата							
Взам. инв. №							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 293155.018		
	Разраб.	Мігур Ю.І.			Пристосування для фрезерування на Оп. 40 Фрезерно-свердильна з ЧПК		
	Проб.	Вишнєпольский Е.В.					
	Н.контр.	Пухальська Г.В.				Лист	Лист
Утв.	Дядя С.І.						1
					НУЗП Група М-119м		

Копіював

Формат А4

ДОДАТОК Б

Специфікація контрольного пристосування

Перш. примеч.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документация			
		A1			НУЗП 401916.018СК	Креслення складальне			
						Сборочные единицы			
Справ. №			1			Основа	1		
			2			Стіл	1		
			3			Ролік	2		
			4			Стійка	1		
			5			Штатив	1		
			6			Гвинт	1		
			7			Тримач	1		
			8			Гвинт	1		
Підп. і дата						Стандартные изделия			
			9			Винт 7006-1129 ГОСТ 9051-68	2		
			10			Prevailing torque type hexagon regular nut ISO 7719-M16	2		
Інв. № змін.			11			Hexagon head screw ISO 4018-M6 x 20	6		
Взам. інв. №									
Підп. і дата									
Інв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 401916.018		
		Разраб.	Мігур Ю.І.				Пристосування для контролю дітття та перпендикулярності		Лит.
Прой.	Вишнепольский Є.В.								1
Нконтр.	Пухальська Г.В.				НУЗП Група М-119м				
Утв.	Дядя С.І.								
		Копіював					Формат А4		