

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення втулки»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи Мз-111сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ЄРМАК О.М

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КОЗЛОВА О.Б.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ
« » 2024 року

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

ЄРМАК Олені Миколаївні
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Розробка технологічного процесу виготовлення втулки»

керівник проєкту (роботи) к.т.н ., доц. КОЗЛОВА Олена Борисівна
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові,)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» 03 2024 року № 97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 28.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення втулки; річна програма випуску N=5000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Організаційна частина 4. Економічний розрахунок..... 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)
Креслення деталі, заготовки; плакат 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; креслення робочого пристосування; плакат розрахунку деталі на міцність.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3, 5	КОЗЛОВА О.Б., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., зав.каф.		

7. Дата видачі завдання 29 квітня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2024	
2	Розробка операції для верстата з ЧПК	14.05.2024	
3	Конструкторська частина	21.05.2024	
4	Розрахунок на міцність	24.05.2024	
5	Організаційна частина	27.05.2024	
6	Економічний розрахунок	30.05.2024	
7	Охорона праці	04.06.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	07.06.2024	
9	Нормоконтроль	10.06.2024	
10	Рецензія	12.06.2024	
11	Захист дипломного проєкту	14.06.2024	

Студент(ка)

_____ Олена ЄРМАК
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Олена КОЗЛОВА
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 125 с., 17 табл., 25 рис., 1 дод., 17 джерел.

ВАЛ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОЕФІЦІЄНТ ЗАВНТАЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – втулка.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення втулки.

В дипломному проєкті спроектовано технологічний процес виготовлення втулки. Визначено метод отримання заготовки та економічно обгрунтовано. Виконано розрахунок технологічних переходів на основі якого був розроблений маршрут обробки втулки. Розраховані режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК.

У конструкторській частині було спроектовано робоче та контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі.

У організаційній частині виконано розрахунок кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі (зокрема матеріал, властивості, термообробка)	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	18
1.4.1 Вибір технологічних баз	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	25
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	25
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	29
1.6 Розрахунок режимів різання	32
1.6.1 Операція 015 - Токарна	32
1.6.2 Операція 030 – Горизонтально-фрезерна з ЧПК	39
1.6.3 Операція 060 – Шліфувальна з ЧПК	47
1.7 Технічне нормування операцій	52
1.7.1 Операція 015 - Токарна	52
1.7.2 Операція 030 – Горизонтально-фрезерна з ЧПК	53
1.7.3 Операція 060 – Шліфувальна з ЧПК	54
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК (з п.1.6)	56
2 Конструкторська частина	62

2.1	Проектування робочого пристосування	62
2.1.1	Конструкція і принцип роботи пристосування	63
2.1.2	Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	64
2.1.3	Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	67
2.2	Проектування контрольного пристосування	69
2.2.1	Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	70
2.3	Розрахунок на міцність	72
3	Організаційна частина	75
3.1	Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	75
3.2	Визначення чисельності основних виробничих робітників	78
4	Економічна ефективність пристроїв	81
5	Охорона праці	85
	Висновки	90
	Перелік джерел посилання	91
	Додаток А. Специфікація робочого пристосування	93
	Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування	96
	Додаток В. Керуюча програма	99
	Додаток Г. Технологічні карти	103

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипний гарячештамповочний прес

ЄСКД - єдина система конструкторської документації

ЄСТД - єдина система технологічної документації

МЦХ - масово-центрувальні характеристики

МОП – маршрут обробки поверхонь

МВД – маршрут виготовлення деталі

КП - керуюча програма

ПЗ - пояснювальна записка

ПК – персональний комп'ютер

РТК КП - розрахунково-технологічна карта керуючої програми

ТП - технологічний процес

ЧПК - числове програмне керування

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва до ринкової економіки перед ним виникає безліч різних завдань, які потребують негайного і правильного вирішення.

Всезростаюча конкуренція на ринку продукції вимагає від виробника виготовити виріб у мінімальні терміни, високої якості та порівняно невеликою собівартістю. При цьому вартість виробу значною мірою залежить від використання прогресивних технологічних процесів випуску продукції та застосування високопродуктивного технологічного обладнання, а також скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення деталей та всього виробу.

Для здійснення останнього не виключається застосування механізованого та автоматизованого обладнання та спеціальних пристроїв, а також використання оптимальних варіантів організації виробничого процесу.

Виникає необхідність скорочення тривалості циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва з допомогою використання нових засобів автоматизації, зокрема застосування персональних комп'ютерів (ПК) з роботою у системах AUTOCAD, NX, SolidWorks, ANSYS, тощо.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка» та проектування механічного цеху, а також вирішення комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням технологічного процесу з економічним обґрунтуванням прийнятих рішень; розробка та оформлення технологічної документації на спроектований технологічний процес.

Ескіз деталі «Втулка» показан на рис. 1.1.

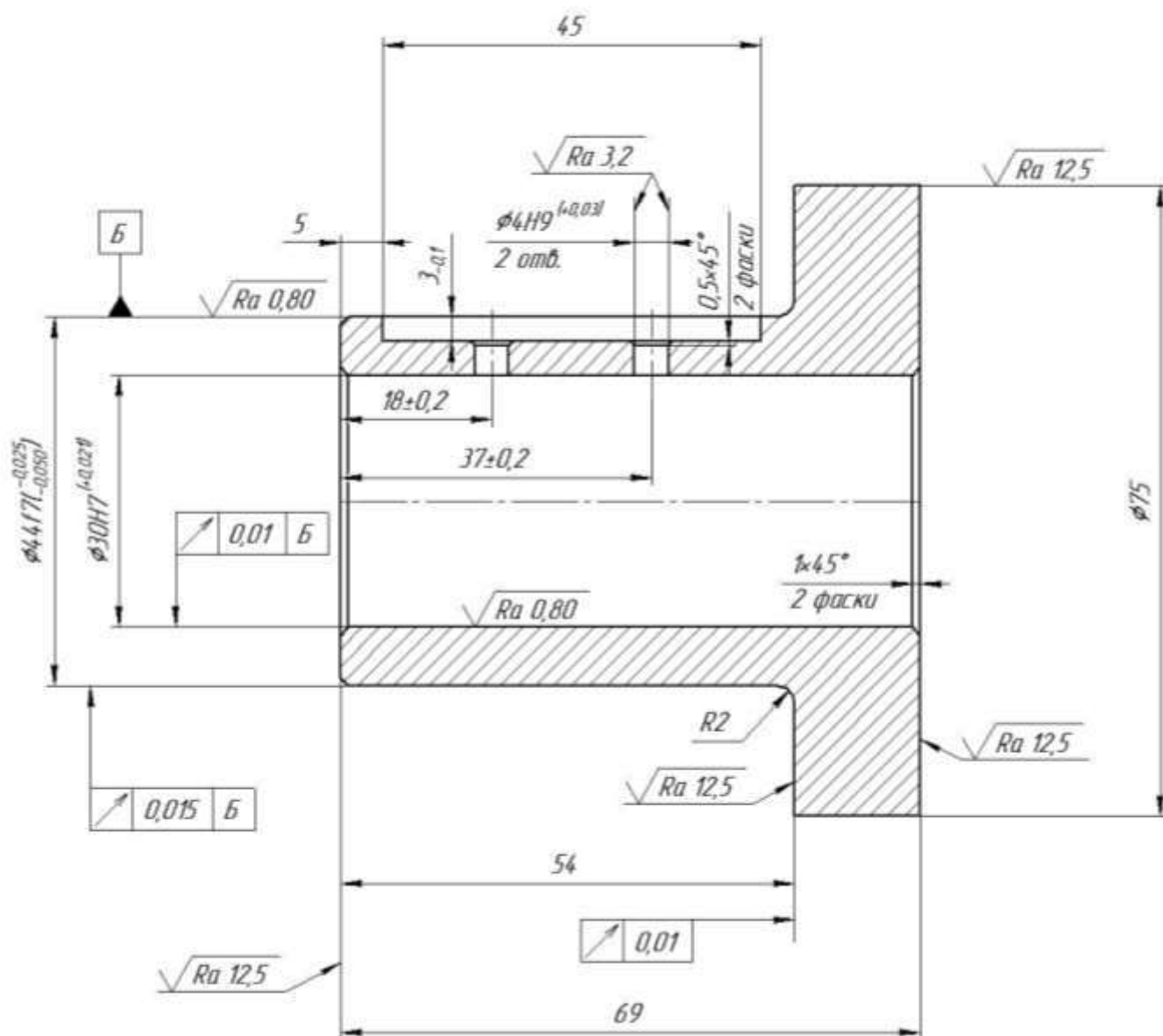


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Втулка»

Деталь «Втулка» ступінчатої форми, утворена зовнішніми та внутрішніми поверхнями обертання, а також торцевими поверхнями. Зовнішня поверхня $\varnothing 44f7_{-0.050}^{-0.025}$ призначена для встановлення кільця, а внутрішня поверхня $\varnothing 30H7^{+0.021}$ призначена для встановлення валу, тому до цих поверхонь пред'являють підвищені вимоги до точності та шоркості.

Центрування вхідної деталі «Кільце» та закріплення її на втулці відбувається за допомогою пазу 45x3x6 та двох отворів $\varnothing 4H9$.

Деталь «Втулка» виготовляється з конструкційної вуглецевої сталі 45 ГОСТ 1050-88. Хімічний склад матеріалу показан у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2 [1]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	Cu	Fe
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	<0,25	<0,25	<0,035	<0,04	<0,25	~97

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

Межа плинності, $\sigma_{0,2}$ (МПа)	Межа короточасної міцності, σ_b (МПа)	Мінімальне відносне подовження σ_5 , %	Відносне звуження ψ , %
355	600	16	40

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – нормалізації для отримання необхідних властивостей і вирівнювання хімічного складу. Спочатку проводиться нагрівання до температури 950 С°, витримка 20...30 хв (через запобігання укрупнення зерна) і наступне охолодження на повітрі. Нормалізація проводиться для зняття внутрішніх напружень і нагартівки поверхні після обдирочних операцій, для вирівнювання хімічного складу.

Нормалізація в порівнянні з відпалом - більш економічна операція, оскільки не потребує охолодження разом із піччю. У зв'язку із зазначеними перевагами

нормалізація набула широкого поширення замість відпалу низьковуглецевих сталей.

Загартування стали – це процес, при якому відбувається нагрів металу до температур зміни його кристалічної решітки з подальшим її різким охолодженням. В результаті проходження сплавом процесу загартування він набуває властивість мартенситу і стає твердіше [2].

Завдяки зміні внутрішньої структури металу деталі з нього придбавають додаткову твердість і міцність. При різких механічних діях металеві структури стають крихкими із-за виниклої напруги в їх кристалічній решітці [2].

Поверхня виробу покривається окалиною, що враховується при подальшій обробці. Також відзначається зниження пластичності й в'язкості [2].

Для компенсації виниклих недоліків застосовують спосіб відпускання. Відпускання, на відміну від гартування, є вторинним процесом і нагрів деталі при ньому досягає до 150-500 градусів за Цельсієм з подальшим повільним охолодженням. Такий процес допомагає понизити міру напруженості кристалічної решітки та, як наслідок, зменшити її крихкість [2].

Хімічна обробка деталі, на відміну термообробки, змінює хімічний склад поверхні деталі. У якості хімічної обробки деталі «Втулка» у технологічному процесі виконується оксидування [3].

Оксидування - створення оксидної плівки на поверхні виробу або заготівлі в результаті окисно-відновної реакції. Оксидування переважно використовують для отримання захисних та декоративних покриттів, а також для формування діелектричних шарів [3].

Хімічне оксидування - обробка розплавами або розчинами окислювачів, таких як хромати, нітрати тощо, як правило, для захисту від корозії або створення декоративних покриттів [3].

Для деталі втулка виконується хімічне оксидування відповідно до ГОСТ 9.306-85. «Покриття металеві та неметалічні неорганічні»:

- позначення способу отримання покриття - хімічне;
- матеріал покриття, що складається з матеріалу – Х-хром;

- масова частка хрому 18%;
- неметалеве органічне покриття – Окс – окисне;
- додаткова обробка покриття - прм. - просочування маслом [3].

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску виробів.

Виробництво умовно ділять на одиничне, серійне та масове. У кожного з цих видів виробничий та технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

Форма організації виробництва характеризується рівнем спеціалізації робочих місць та принципом розташування обладнання.

Попередньо тип виробництва визначаємо за таблицею 2.2 методичних вказівок [4, с.22], виходячи з річної програми випуску $N = 5000$ шт. та маси оброблюваної на проєктованій ділянці деталі $m = 0,771$ кг як серійне виробництво.

Кількість заготовок у партії для одночасного запуску визначається за формулою (1.1).

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

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

Φ – кількість робочих днів на рік (256 днів на 2024 рік).

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{256} = 40 \text{ шт.}$$

Форми організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ 14312-74 залежить від виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

Для обробки цієї деталі вибираємо змінно-потоківу форму організації ТП. За такої форми організації виробництва деталі надходять на ділянку партіями, та їх обробка здійснюється поточним методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок обладнання робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку надходить партія інших заготовок, що мають подібний технологічний процес.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

При виборі методу отримання заготовки призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови виготовлення [5].

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі за її мінімальної собівартості. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготівлі з калькуляції заготівельного цеху та собівартості її подальшої обробки до досягнення заданих вимог якості за кресленням [5].

При виготовленні первинних заготовок деталей машин необхідно постійно прагнути зниження трудомісткості їх обробки (обсягу механічної обробки) і витрати матеріалу. Заготовки повинні мати стабільну точність при обробці і мати технологічні бази [5].

Заготовки деталей машин отримують різними технологічними методами: литтям, куванням, гарячим об'ємним штампуванням, холодним висадженням з прокату, формоутворенням з порошкових матеріалів, виготовленням з прокату і т.д. Різні методи отримання заготовок можуть забезпечувати однакову точність і шорсткість поверхонь, але, при цьому, економічність цих методів, за однакової програми випуску, може бути різною [5].

Порівнюємо способи отримання заготовки - на молотах та КГШП.

Встановлюємо припуски на механічну обробку за [4, стр.12, табл. 1.3]. Для заготовки на молотах приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,0$ мм, для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,1$ мм. Для заготовки на КГШП приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 1,9$ мм, для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,0$ мм.

Вагу деталі, а також ваги заготівок визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Таким чином вага деталі складає $q = 0,771$ кг (рис. 1.2). Вага заготовки з врахуванням припусків складає на молотах $Q_1 = 1,616$ кг (рис. 1.3), на КГШП - $Q_2 = 1,363$ кг (рис. 1.4).

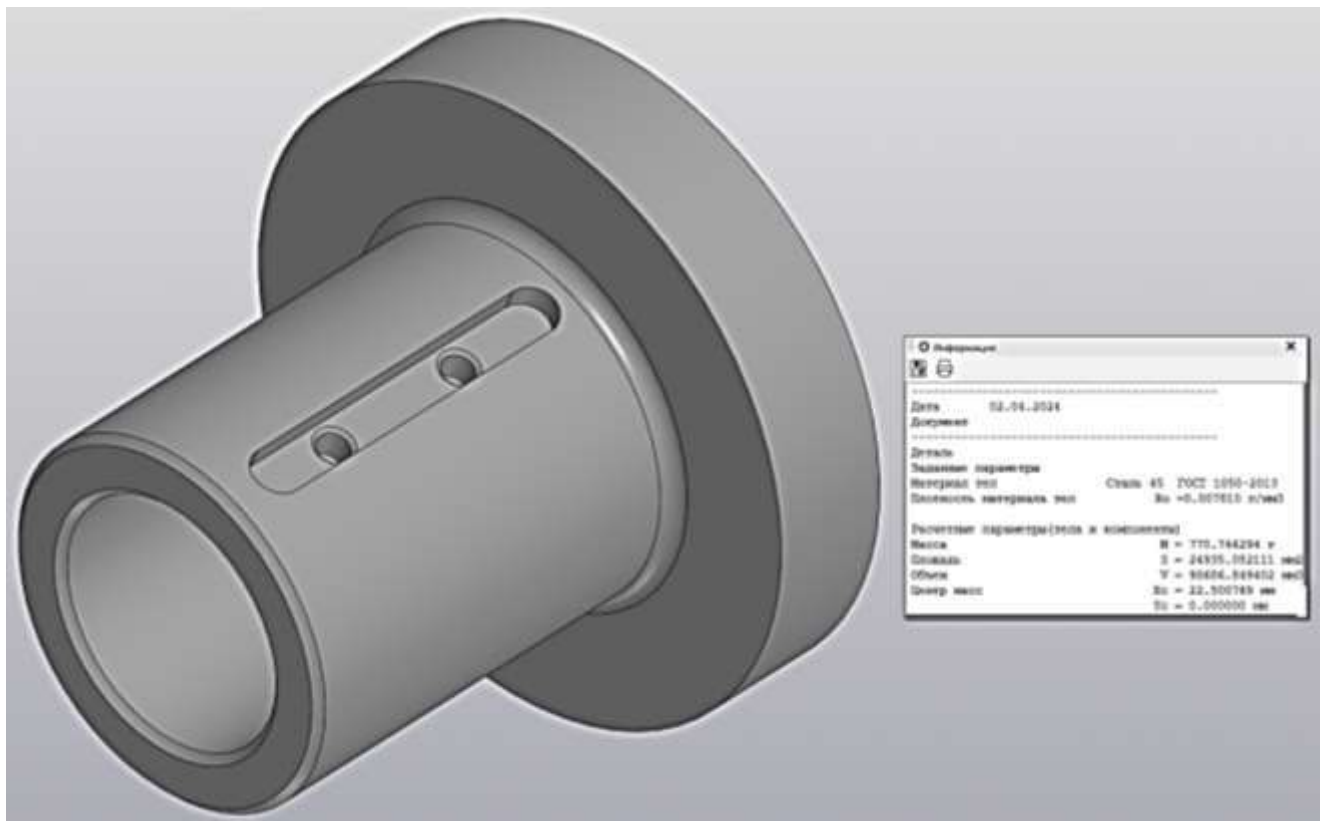


Рисунок 1.2 – Результат розрахунку МЦХ готової деталі

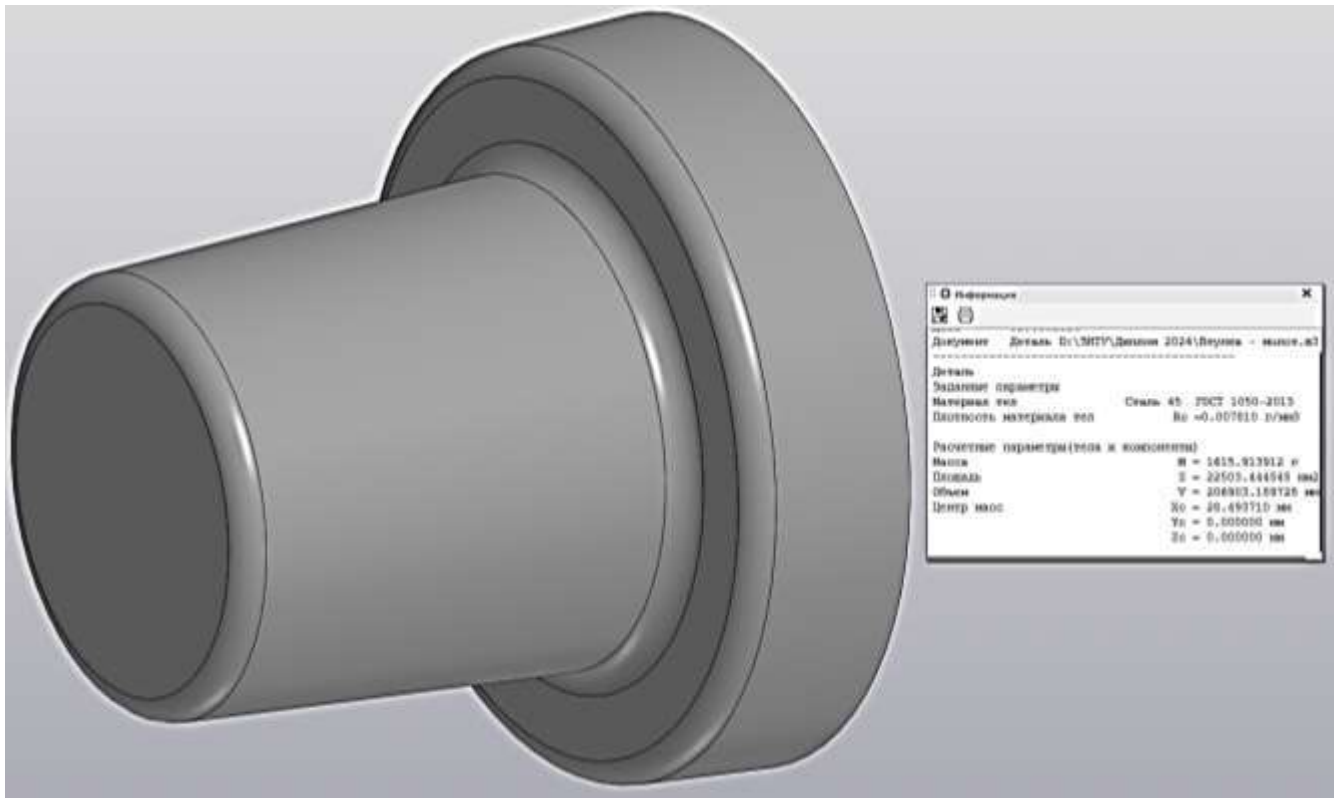


Рисунок 1.3 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на молотах

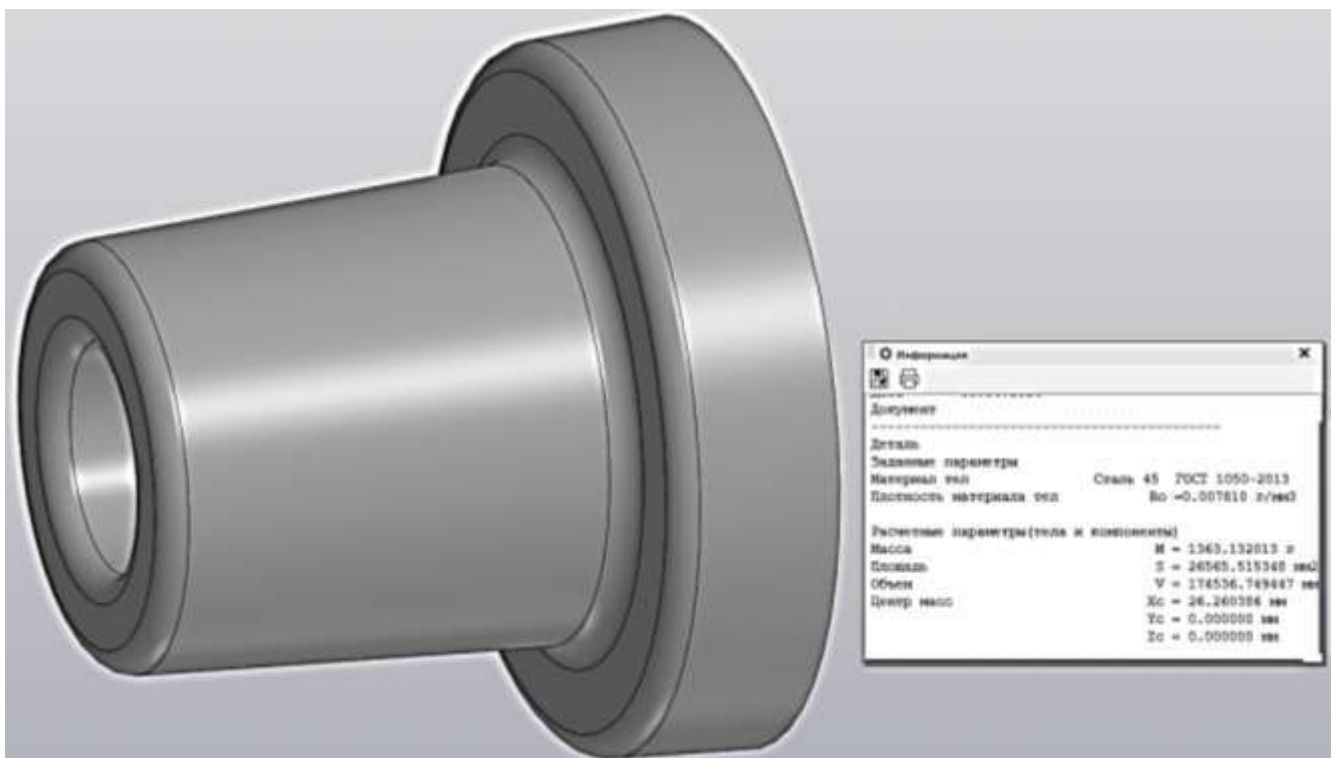


Рисунок 1.4 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки розраховується по формулі:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх.}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де B_6 – базова вартість виготовлення однієї заготовки [4];

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{\Pi}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску, [4];

$B_{\text{отх.}}$ – вартість 1т. стружки, грн. [4].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 1,616 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 0,83 \cdot 1,0 - (1,616 - 0,771) \cdot \frac{140}{1000} = 5,73 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 1,363 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 0,83 \cdot 1,0 - (1,363 - 0,771) \cdot \frac{140}{1000} = 4,85 \text{ грн}$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

$$\eta = q/Q \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = 0,771/1,616 = 0,48$$

$$\eta_2 = 0,771/1,363 = 0,57$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Так як $B_1 > B_2$, а $\eta_1 < \eta_2$, то порівнюємо спосіб виготовлення заготовки по другому варіанту.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			молот	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	2,0; 2,1;	1,9; 2,0
Вага заготовки	Q	кг	1,616	1,363
Базова вартість 1т. заготовки	B _б	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K _T	-	1,03	
	K _M	-	1,21	
	K _B	-	1,0	
	K _n	-	1,0	
	K _з	-	0,83	
Вартість 1т. стружки	B _{отх}	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	5,73	4,85
Коефіцієнт використання матеріалу	η	-	0,48	0,57

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

$$E_B = (B_1 - B_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (5,73 - 4,85) \cdot 5000 = 4400 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу за формулою:

$$M_2 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_2 = \frac{0,771 \cdot (0,57 - 0,48)}{0,57 \cdot 0,48} \cdot 5000 = 1268,1 \text{ кг}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Найважливішою умовою для отримання заданої точності та високої продуктивності є правильний вибір баз та схем базування. При виборі та призначенні технологічних баз необхідно дотримуватися таких основних правил:

- поверхня, прийнята як технологічна база, повинна бути одночасно конструкторською (основний чи допоміжної) базою так і технологічною. Тобто, технологічна база має збігатися з конструкторською (правило поєднання баз). Конструкторською називається база, що використовується для визначення положення деталі у виробі;

- для визначення точності взаєморозташування поверхонь деталі, що підлягають обробці в різних операціях технологічного процесу, бажано зберігати в них сталість технологічної бази. Це називається правилом сталості баз;

- в якості технологічної бази застосовувати по можливості найбільш протяжні та найбільш точно і чисто оброблені поверхні;

- необроблені поверхні застосовувати як технологічні (чорнові) бази тільки для перших операцій технологічного процесу;

- при використанні чорнових баз не допускати на їх поверхнях наявність слідів литників, випорів, облою та ін..

За чорнові бази (рис. 1.5) приймаємо необроблені циліндричну поверхню 2 упором у торець 1 на першій механічній операції.

На чистових токарних операціях використовуємо у якості баз циліндричні поверхні 2, 4 у поєднанні з торцями 1, 3, 5. На фрезерній операції використовуємо у якості баз поверхні 5, 1 та 6. На шліфувальній – поверхня 2.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) – це певна послідовність технологічних операцій обробки поверхні заготовки, необхідних досягнення заданих параметрів якості та точності.

Поняття уточнення заготовки при механічній обробці виникло у зв'язку з тим, що поверхню заготовки обробляють кілька разів, тобто. поверхню заготовки при механічній обробці уточнюють до вимог креслення.

Уточнення – це відношення значень показників якості заготовки до показників якості поверхні деталі.

Ескіз деталі з розміткою поверхонь показаний рис. 1.5. Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

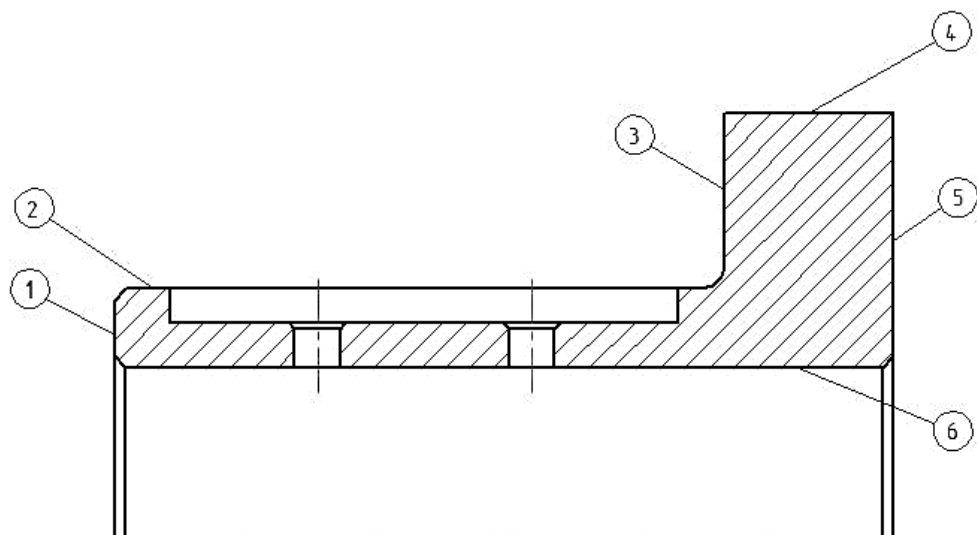


Рисунок 1.5 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Далі для кожної поверхні розраховуємо загальні уточнення щодо кожного показника точності і найбільшого значення розраховуємо кількість переходів, необхідні досягнення заданого кресленням якості поверхні.

Для поверхні №2 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:
 $Td_d = 0,025 \text{ мм}$ $Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$.

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки: $es_{d3} = +1,0$; $ei_{d3} = -0,6$; $Td_3 = 1,6 \text{ мм}$ $Ra_3 = 50 \text{ мкм}$.

Таблиця 1.4 – Показники точності геометричних розмірів та якості основних поверхонь обробки

Номер поверхні та її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхні			
	Вид	Тип	Квалітети точності розміру		Шорсткість, Ra, мкм	
			деталь	заготівка	деталь	заготовка
№1, 5 - 69	торцева	зовн.	h12	~IT16	12,5	50
№2 - Ø44	циліндр.	зовн.	f7	~IT16	0,8	50
№3 - 54	торцева	зовн.	H12	~IT16	12,5	50
№4 - Ø75	циліндр.	зовн.	h12	~IT16	12,5	50
№6 - Ø30	циліндр.	внутр.	H7	~IT16	0,8	50

Розраховуємо потрібні уточнення за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{Td_{3i}}{Td_{di}}, \quad (1.6)$$

де Td_{3i} – допуск на i -й параметр вихідної заготовки;

Td_{di} – допуск по кресленню для i -го параметра готової деталі.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1600}{25} = 64; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,5;$$

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k : $k = 2 \lg 64 = 3,6$, приймаємо $k = 4$.

Визначаємо ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів:

$$IT16 \rightarrow IT14 \rightarrow IT11 \rightarrow IT9 \rightarrow IT7$$

$$Ra50 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8.$$

Призначаємо технологічні переходи для обробки поверхонь, дотримуючись визначених квалітетів точності та показників шорсткості

Перехід 1 – точіння чорнове h14, Td=0,62 мм, Ra 12,5:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{1600}{620} = 2,58; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{12,5} = 4;$$

Перехід 2 – точіння напівчистове h12, Td=0,16 мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{620}{160} = 3,88; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98;$$

Перехід 3 – точіння чистове h10, Td=0,062 мм, Ra1,6:

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{160}{62} = 2,58; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{1,6} = 3,94;$$

Перехід 4 – шліфування h7, Td=0,025 мм, Ra 0,8:

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{62}{25} = 2,48; \quad \varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 2,58 \cdot 3,88 \cdot 2,58 \cdot 2,48 = 64$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 1,98 \cdot 3,94 \cdot 2 = 62,4$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5. Для інших поверхонь виконуємо розрахунки аналогічно поверхні №2 та заносимо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – План обробки поверхонь

Характер та показник точності та якості поверхонь	Показник j	Уточнення ε	Кіл. Переходів		Різниця показників та ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Циліндрич. зовнішня Ø44f7 ^{-0,025} _{-0,050} Ra0,8 Заготовка IT16 Ra50	d	64	3,6	4	IT16 → IT14 → IT11 → IT9 → IT7 Ra50→ Ra12,5→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1600	50	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	620	12,5	2,58	4
						3	Точіння напівчистове	160	6,3	3,88	1,98
						4	Точіння чистове	62	1,6	2,58	3,94
						5	Шліфування	25	0,8	2,48	2
						Загальне уточнення				64	62,4
Циліндрич. зовн. Ø75- _{0,3} Ra12,5 Заготовка IT16 Ra50	d	6	1,6	1	IT16 → IT12 Ra50→ Ra12,5	1	Заготовка	1800	50	-	-
	Ra	4				2	Точіння однократне	300	12,5	6	4
						Загальне уточнення				6	4

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Циліндрич. внутрішня Ø30H7 ^{+0,021} Ra0,8 Заготовка IT16 Ra50	d	76,2	3,8	4	IT16 → IT14 → IT11 → IT9 → IT7 Ra50→ Ra12,5→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	1600	50	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	620	12,5	2,58	4
						3	Точіння напівчистове	160	6,3	3,88	1,98
						4	Точіння чистове	62	1,6	2,58	3,94
						5	Шліфування	21	0,8	2,95	2
						Загальне уточнення				76,2	62,4
Торцева зовнішня 54 ^{+0,3} Ra12,5 Заготовка IT16 Ra50	d	6	1,6	1	IT16 → IT12 Ra50→ Ra12,5	1	Заготівка	1800	50	-	-
	Ra	4				2	Точіння однократне	300	12,5	6	4
						Загальне уточнення				6	4
Торцева зовнішня 69-0,3 Ra12,5 Заготовка IT16 Ra50	d	6	1,6	1	IT16 → IT12 Ra50→ Ra12,5	1	Заготівка	1800	50	-	-
	Ra	4				2	Точіння однократне	300	12,5	6	4
						Загальне уточнення				6	4

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, у якому на основі компоновання раніше розроблених МОП встановлено склад та послідовність операцій ТП, розроблено схеми установок, вказано тип і модель верстата, встановлено технологічні комплекси, наведено вхідні та вихідні характеристики оброблюваних поверхонь. Насамперед обробляють поверхні, які будуть технологічними базами при подальшій обробці заготовки.

Оскільки виробництво серійне, тому використовуване обладнання (верстати): універсальне, частково спеціалізоване та спеціальне, верстати з ЧПК; оснащення універсальне та спеціальне; різальний інструмент: універсальний та спеціальний; мірятьний інструмент: калібри та спеціальний.

Розробимо загальну (етапну) схему обробки. Вивчивши креслення деталі та технічні умови, а також прийнявши за основу раніше розроблений МОП, складаємо загальну етапну схему обробки заготовки:

- 1 етап – отримання заготовки – штампування на пресах;
- 2 етап – термічна обробка (нормалізація, гартування);
- 3 етап – механічна обробка (отримання базових поверхонь; чорнова та напівчистова механічна обробка; свердлильна, фрезерна);
- 4 етап – механічна обробка (чистова механічна обробка, шліфування);
- 5 етап – хімічна обробка (оксидування);
- 6 етап – контроль;

Чистові операції виконуються на верстатах з ЧПК, так як такі верстати мають більш ширші можливості, високу точність обробки та можливість суміщувати різні типи операцій за одну установку.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 1,363$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, габаритів поверхні для штампування підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки: $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{smallmatrix} +1,0 \\ -0,6 \end{smallmatrix} \right) = 1600$ мкм.

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

Перехід 1 - заготовка: по [7, табл.12, стор.186]: $Rz = 160$ мкм; $h = 200$ мкм;

Сумарні відхилення розташування поверхонь:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (1.7)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – короблення поверхні, визначається по формулі (1.8):

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кор}} \cdot d, \quad (1.8)$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – кривизна заготовок, $\Delta_{\text{кор}} = 0,5$ мкм/мм [7, табл.17, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 0,5 \cdot 44 = 22 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$ – короблення зміщення, $\rho_{\text{см}} = 400$ мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{22^2 + 400^2} = 401 \text{ мкм.}$$

Перехід 2 – термообробка (нормалізація): $\Delta_{\text{кор}} = 0,5$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_2 = 3 \cdot 44 = 132 \text{ мкм.}$$

Перехід 3 - точіння чорнове: по [7, табл.25, стор.188]: $Rz = 100 \text{ мкм}$; $h = 100 \text{ мкм}$

$$\rho_3 = \rho_{\text{заг}} \cdot k, \quad (1.9)$$

де k - коефіцієнт уточнення [7, табл.29, стор.190];

$$\rho_3 = 401 \cdot 0,06 = 24 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,25 \sqrt{TI_{\text{заг}}^2 + 1}, \quad (1.10)$$

де ε_3 — похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25 \sqrt{1,6^2 + 1} = 472 \text{ мкм.}$$

Перехід 4 – точіння напівчистове: $Rz = 50 \text{ мкм}$; $h = 50 \text{ мкм}$

$$\rho_4 = 24 \cdot 0,05 = 1 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_4 = 472 \cdot 0,05 = 24 \text{ мкм.}$$

Перехід 5 – точіння напівчистове: $Rz = 25 \text{ мкм}$; $h = 25 \text{ мкм}$

$$\rho_5 = 1 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 24 \cdot 0,04 = 1 \text{ мкм.}$$

Перехід 6 – шліфування: $Rz = 5 \text{ мкм}$; $h = 5 \text{ мкм}$; $\rho_6 = 0 \text{ мкм}$; $\varepsilon_6 = 0 \text{ мкм}$.

Розраховуємо мінімальні значення припусків за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \left[Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.11)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхонь на попередньому переході;

ε_i – похибка установки заготовки на переході.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[160 + 200 + \sqrt{401^2 + 472^2} \right] = 1960 \text{ мкм};$$

$$2Z_{4 \min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{24^2 + 24^2} \right] = 470 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{1^2 + 1^2} \right] = 200 \text{ мкм};$$

$$2Z_{6 \min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 100 \text{ мкм};$$

Розраховуємо технологічні розміри шляхом розмірних ланцюгів. Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + Td_i \quad (1.12)$$

$$d_{5 \max} = d_{6 \max} + 2Z_{6 \min} + Td_5 = 43,975 + 0,1 + 0,062 = 44,137 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{5 \max} = 44,14 \text{ мм}$$

$$d_{4 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_4 = 44,14 + 0,2 + 0,16 = 44,5 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = d_{4 \max} + 2Z_{4 \min} + Td_3 = 44,5 + 0,47 + 0,62 = 45,59 \text{ мм}$$

$$d_{\text{зар} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{зар}} = 45,59 + 1,96 + 1,6 = 49,15 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{зар} \max} = 49,2 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

$$d_{i \min} = d_{i \max} - Td_i \quad (1.13)$$

$$d_{\text{зар} \min} = d_{\text{зар} \max} - Td_{\text{зар}} = 49,2 - 1,6 = 47,6 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 45,59 - 0,62 = 44,97 \text{ мм}$$

$$d_{4 \min} = d_{4 \max} - Td_4 = 44,5 - 0,16 = 44,34 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = d_{5 \max} - Td_5 = 44,14 - 0,062 = 44,078 \text{ мм}$$

$$d_{6 \min} = d_{6 \max} - Td_6 = 43,975 - 0,025 = 43,95 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.
Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$2Z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \min} \quad (1.14)$$

$$2Z_{3 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{3 \min} = 49,2 - 44,97 = 4,23 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \max} = d_{3 \max} - d_{4 \min} = 45,59 - 44,34 = 1,25 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \max} = d_{4 \max} - d_{5 \min} = 44,5 - 44,078 = 0,422 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \max} = d_{5 \max} - d_{6 \min} = 44,14 - 43,95 = 0,19 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$2Z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max} \quad (1.15)$$

$$2Z_{3 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{3 \max} = 47,6 - 45,59 = 2,01 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \min} = d_{3 \min} - d_{4 \max} = 44,97 - 44,5 = 0,47 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \min} = d_{4 \min} - d_{5 \max} = 44,34 - 44,14 = 0,2 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \min} = d_{5 \min} - d_{6 \max} = 44,078 - 43,975 = 0,103 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}, \quad (1.16)$$

$$5,25 - 3,625 = 1,6 + 0,025$$

$$1,625 = 1,625$$

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{6 \min} = 49,2 - 43,95 = 5,25 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{6 \max} = 47,6 - 43,975 = 3,625 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$d_{\text{заг} \text{ ном}} = d_{\text{заг} \min} + ei \, d_{\text{заг}} = d_{\text{заг} \max} - es \, d_{\text{заг}}, \quad (1.17)$$

$$d_{\text{заг} \text{ ном}} = 47,6 + 1,0 = 49,2 - 0,6 = 48,6$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 48,6^{+1,0}_{-0,6}$$

$$d_3 = \varnothing 45,59_{-0,62}$$

$$d_4 = \varnothing 44,5_{-0,16}$$

$$d_5 = \varnothing 44,14_{-0,062}$$

$$d_6 = \varnothing 43,975_{-0,025}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом

За ГОСТ 7505-74 [8, табл. 49, стр. 248], враховуючи масу заготовки $Q = 1,363$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовки: $Z_{0 \min} = 2,2$ мм; $2Z_{0 \min} = 4,4$ мм. Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків:

$$Z_{i \min} = j_i \cdot 2Z_{0 \min}, \quad (1.18)$$

де j_i — коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3 \min} = 0,57 \cdot 4,4 = 2,5 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \min} = 0,27 \cdot 4,4 = 1,2 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \min} = 0,11 \cdot 4,4 = 0,5 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = 0,05 \cdot 4,4 = 0,2 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як мінімальні.

$$D_{i \min} = D_{i+1 \min} - 2Z_{i+1 \min} - TD_i \quad (1.19)$$

$$D_{5 \min} = D_{6 \min} - 2Z_{6 \min} - TD_5 = 30 - 0,2 - 0,062 = 29,738 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } D_{5 \min} = 29,74 \text{ мм}$$

$$D_{4 \min} = D_{5 \min} - 2Z_{5 \min} - TD_4 = 29,74 - 0,5 - 0,16 = 29,08 \text{ мм}$$

$$D_{3 \min} = D_{4 \min} - 2Z_{4 \min} - TD_3 = 29,08 - 1,2 - 0,62 = 27,26 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг} \min} = D_{3 \min} - 2Z_{3 \min} - TD_{\text{заг}} = 27,26 - 2,5 - 1,6 = 23,16 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } D_{\text{заг} \min} = 23,1 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні розміри:

$$D_{i \max} = D_{i \min} + TD_i \quad (1.20)$$

$$D_{\text{заг} \max} = D_{\text{заг} \min} + TD_{\text{заг}} = 23,1 + 1,6 = 24,7 \text{ мм}$$

$$D_{3 \max} = D_{3 \min} + TD_3 = 27,26 + 0,62 = 27,88 \text{ мм}$$

$$D_{4 \max} = D_{4 \min} + TD_4 = 29,08 + 0,16 = 29,24 \text{ мм}$$

$$D_{5 \max} = D_{5 \min} + TD_5 = 29,74 + 0,062 = 29,802 \text{ мм}$$

$$D_{6 \max} = D_{6 \min} + TD_6 = 30 + 0,021 = 30,021 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$2Z_{i \max} = D_{i-1 \min} - D_{i \max} \quad (1.21)$$

$$2Z_{3 \max} = D_{3 \max} - D_{\text{заг} \min} = 27,88 - 23,1 = 4,78 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \max} = D_{4 \max} - D_{3 \min} = 29,24 - 27,26 = 1,98 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \max} = D_{5 \max} - D_{4 \min} = 29,802 - 29,08 = 0,722 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \max} = D_{6 \max} - D_{5 \min} = 30,021 - 29,74 = 0,281 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$2Z_{i \min} = D_{i-1 \max} - D_{i \min} \quad (1.22)$$

$$2Z_{3 \min} = D_{3 \min} - D_{\text{заг} \max} = 27,26 - 24,7 = 2,56 \text{ мм}$$

$$2Z_{4 \min} = D_{4 \min} - D_{3 \max} = 29,08 - 27,88 = 1,2 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \min} = D_{5 \min} - D_{4 \max} = 29,74 - 29,24 = 0,5 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \min} = D_{6 \min} - D_{5 \max} = 30 - 29,802 = 0,198 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}}, \quad (1.23)$$

$$6,921 - 5,3 = 1,6 + 0,021$$

$$1,621 = 1,621$$

$$2Z_{0 \max} = D_{6 \max} - D_{\text{заг} \min} = 30,021 - 23,1 = 6,921 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = D_{6 \min} - D_{\text{заг} \max} = 30 - 24,7 = 5,3 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$D_{\text{заг ном}} = D_{\text{заг} \min} + ei D_{\text{заг}} = D_{\text{заг} \max} - es D_{\text{заг}}, \quad (1.24)$$

$$D_{\text{заг ном}} = 23,1 + 1 = 24,7 - 0,6 = 24,1$$

$$D_{\text{заг}} = \varnothing 24,1^{+1,0}_{-0,6}; \quad D_3 = \varnothing 27,26^{+0,62}; \quad D_4 = \varnothing 29,08^{+0,16};$$

$$D_5 = \varnothing 29,74^{+0,062}; \quad D_6 = \varnothing 30^{+0,021}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – Токарна

Визначаємо режими різання та основного часу аналітичним способом на операцію 015 – токарну (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті 16K20, технічні характеристики якого вказані у [10, стор. 421].

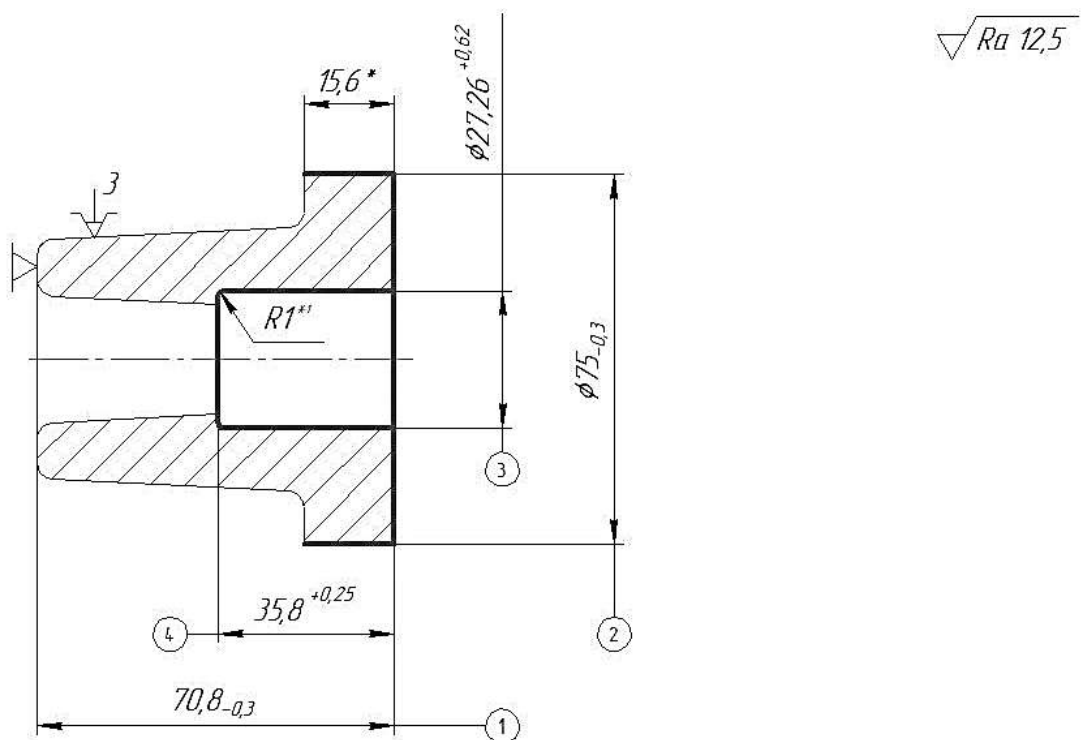


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарної

Обробка виконується за 3 переходу.

Перехід №1 – підрізати торець 1.

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Торцева зовнішня $54h12^{+0,3}$ Ra12,5	1	Заготовка					-	55,8	1,8	55,8	54	-	-	$55,2^{+0,6}_{-1,2}$
	2	ТО	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння однократне					1,5	52,5	0,3	52,5	52,2	3,6	1,5	$52,5_{-0,3}$
	4	Точіння однократне					1,5	54	0,3	54,3	54	2,1	1,5	$54^{+0,3}$

Вибираємо різець: матеріал різальної частини різця беремо з [1,стор.115-118], геометричні параметри різальної частини різця з [1,стор.119-136], вибираємо розміри поперечного перерізу корпусу різця за паспортом верстата - різець збірний прохідний з мех.кріпленням пластин 16x16 r=1 мм Т5К10 ГОСТ 21151-75

Знаходимо глибину різання t , мм:

$$t = 72,9 - 70,8 = 2,1 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу - S_0 мм/об [7,стор.268, табл.11] $S_0 = 0,6$ мм/об

Коректуємо значення подачі за паспортом верстату, приймаємо менше значення $S_{0\text{вт}}$ (мм/об) [10,стор.421]. Приймаємо $S_{0\text{вт}} = 0,6$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання, яка допускається властивостями різця за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_{0\text{вт}}^y} \cdot K_v, \text{ м/хв}, \quad (1.25)$$

де T - стійкість інструменту, $T = 60$ хв;

C_v, m, x, y вибираємо з [7,стор. 269-270,табл. 17], $C_v=350, m=0,2, x=0,15, y=0,35$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi lv} \cdot K_{rv}, \quad (1.26)$$

де K_{mv} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання [7,стор. 261,табл. 1];

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.27)$$

де K_Γ —група сталі по обробляємості, $K_\Gamma = 1,0$ [7,стор. 263,табл. 2];

n_v —показник степені, $n_v = 1,0$;

K_{nv} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [7,стор. 263,табл. 5];

K_{uv} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [7, стор. 263, табл. 6];

K_{rv} - поправочний коефіцієнт, який враховується для інструменту з різальною частиною зі швидкорізальної сталі [7, стор. 271, табл. 18];

$K_{\phi v}, K_{\phi 1v}, K_{rv}$ - поправочні коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання [7, стор. 271, табл. 18].

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{600} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,42$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}} \cdot 0,42 = 64,23 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання в хв^{-1} :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{max}}, \quad (1.28)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 64,23}{3,14 \cdot 77,1} = 265$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} (\text{хв}^{-1})$ [10, с.421], $n_{\text{вт}} = 250 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{вт}}}{1000}, \quad (1.29)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 77,1 \cdot 250}{1000} = 60,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_d^n \cdot K_p, \quad (1.30)$$

де C_p, x, y, n визначаємо по [7, стор. 273-274], $C_p=300$, $x=1,0$, $y=0,75$, $n=-0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.31)$$

де K_p - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив конкретних умов обробки.

K_{mp} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності [7, стор. 264, табл. 9].

$K_{\varphi p}, K_{yp}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив геометричних параметрів різця на силу різання [7, стор. 275, табл. 23].

$$K_p = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,88$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 60,5^{-0,15} \cdot 0,88 = 724,7 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт.

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}, \quad (1.32)$$

$$N = \frac{724,7 \cdot 60,5}{1020 \cdot 60} = 0,72 \text{ кВт}$$

Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}},$$

де $N_{\text{шп}}$ - потужність на шпинделі верстату.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (1.33)$$

де $N_{\text{дв}}, \eta$ вибираємо з [10, стор. 421], $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$, $\eta = 0,75$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$0,72 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_{\text{овт}}} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.34)$$

де L – шлях інструменту в напрямку подачі в мм;

i - кількість робочих ходів,

$$L = l + y + \Delta \quad (1.35)$$

де l – розмір поверхні, що оброблюється в напрямку подачі в мм;

$y = t \cdot \tan \varphi$ – величина врізання мм, де φ – головний кут в плані;

$\Delta = 1 \div 3$ мм – вихід ріжучого інструменту (перебіг);

$$t_0 = \frac{25,5 + 2,1 + 3}{250 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,204 \text{ хв}$$

Аналогічно виконуємо для інших переходів та заносимо дані у табл.1.9.

1.6.2 Операція 030 – Горизонтально-фрезерна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 030 – горизонтально-фрезерну з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК HAAS HS-1 [11].

Перехід №1 – Фрезерувати паз, витримуючи розміри 1, 5, 8, по програмі. Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12] фрезу кінцеву EC060A16-4C06 (рис.1.8), патрон DIN69871 40 SRKIN 6X80 CX (рис.1.9). Параметри фрези вказані у таблиці 1.7, патрона - у таблиці 1.8.

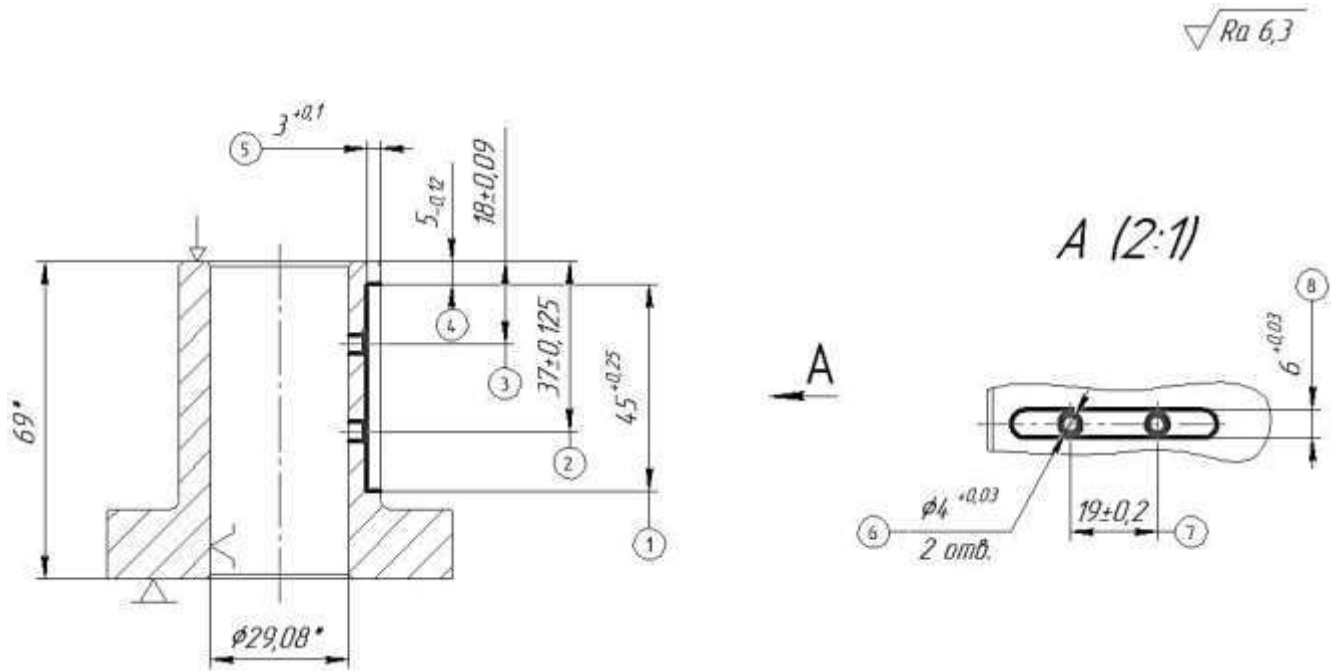


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 030 – горизонтально-фрезерної з ЧПК

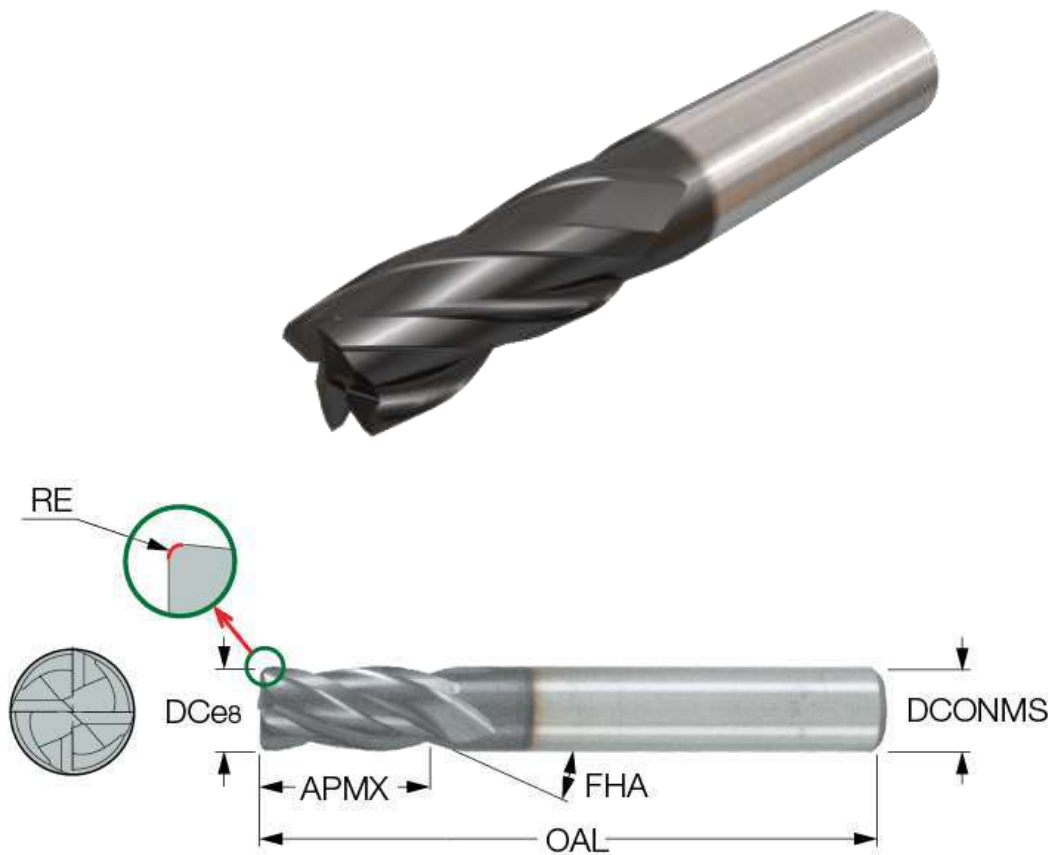


Рисунок 1.8 - Фреза кінцева EC060A16-4C06

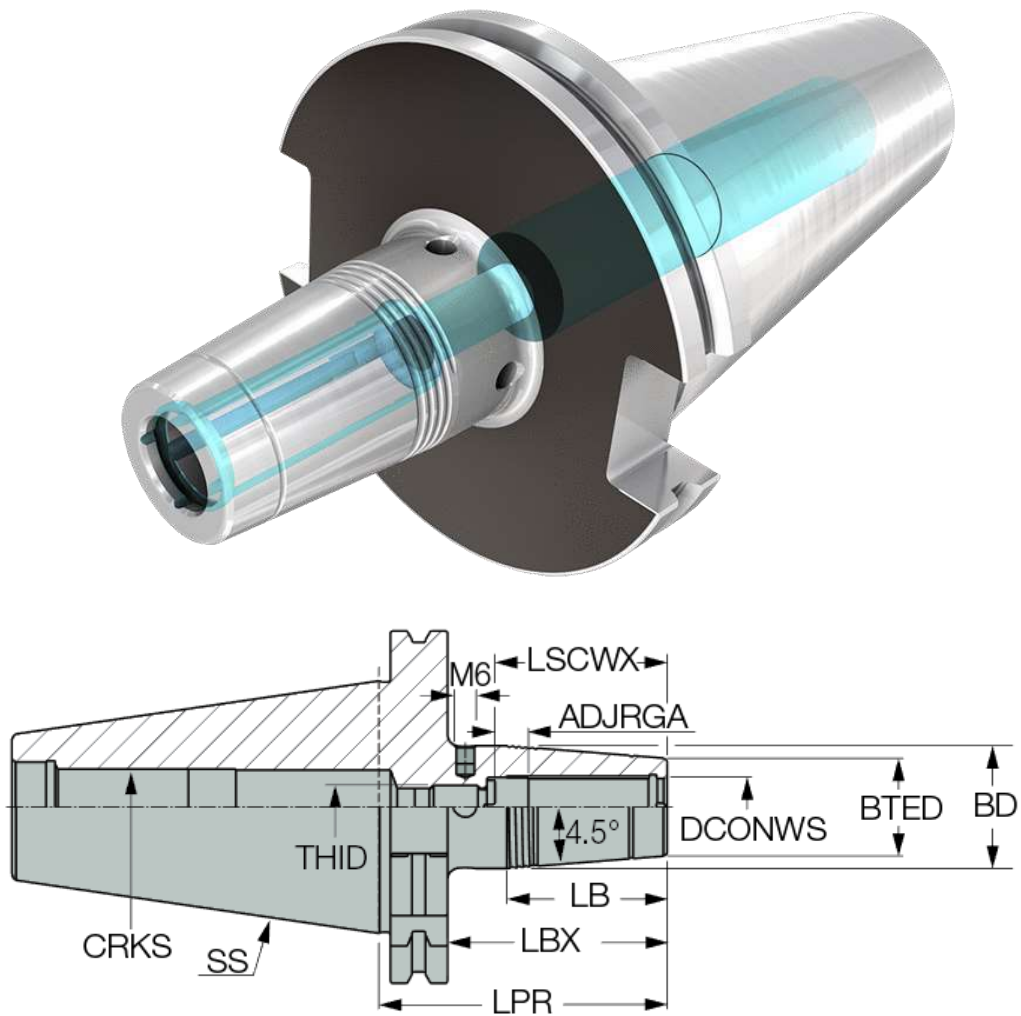


Рисунок 1.9 - Патрон DIN69871 40 SRKIN 6X80 CX

Таблиця 1.7 – Геометричні параметри фрези кінцевої EC060A16-4C06

DC	DCONMS	APMX	OAL	NOF	FHA	RMPX°	Shank	fz (min)	fz (max)
6,00	6,00	16,00	57,00	4	30,0	5.0	C	0,03	0,07

Таблиця 1.8 – Геометричні параметри патрона DIN69871 40 SRKIN 6X80 CX

SS	DCONWS	BTED	BD	LPR	LBX	LB	LSCWS	ADJRG	THID	CRKS
40	6,00	21	27	80	60,9	38,0	34,0	9,5	M5	M16

З таблицею 1.7 для обробки сталі 45 призначаємо подачу на зуб фрези при фрезеруванні шпонкового пазу $S_z=0,05$ мм/зуб.

Визначаємо глибину різання t , мм згідно схем [7, стор.282, рис.3], $t = 3$ мм.
За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту $V = 30$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання в хв^{-1} по формулі (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 6} = 1592 \text{ хв}^{-1}$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{BT}} = 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв, відповідно до прийнятій частоті обертання за формулою (1.29):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1500}{1000} = 28,3 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу при фрезеруванні шпоночного пазу за формулою:

$$S_{\text{XB}} = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{BT}}, \text{ мм/хв}, \quad (1.36)$$

$$S_{\text{XB}} = 0,05 \cdot 4 \cdot 1500 = 300 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо хвилинну подачу за паспортними даними верстату і встановлюємо дійсну подачу S_{XB} , мм/хв [11] $S_{\text{XB}} = 250 \text{ мм/хв}$.

Знаходимо силу різання та крутний момент при фрезеруванні за формулами:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}, \text{ Н}, \quad (1.37)$$

де C_p, x, y, n, q, w – визначаємо по [7, стр.287, табл.39], $C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, n = 1,0, q = 0,86, w = 0$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 6^{1,0} \cdot 4}{6^{0,86} \cdot 1500^0} \cdot 1,12 = 1168,4 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D_{\text{фр}}}{2 \cdot 100}, \text{ Н}, \quad (1.38)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{1168,4 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 35,05 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо потужність, витрачену на фрезерування в кВт за формулою (1.32):

$$N = \frac{1168,4 \cdot 28,3}{1020 \cdot 60} = 0,54 \text{ кВт}$$

Визначаємо режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою та формулою (1.33):

$$N_{\text{шп}} = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кВт} > 0,54 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час при фрезеруванні за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{S_{\text{хв}}} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.39)$$

де L – шлях, пройдений інструментом у напрямі руху подачі, мм

i – кількість проходів фрези

$$L = l + y + \Delta, \quad (1.40)$$

де l – довжина поверхні, яка оброблюється мм

y – величина врізання інструменту, мм

Δ – величина перебігу, мм.

$$y = 0,5 \cdot D, \text{ мм} \quad (1.41)$$

$$y = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ мм}$$

$$L = 39 + 3 + 3 = 45 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{45}{250} \cdot 3 = 0,54 \text{ хв}$$

Перехід №2 – Свердлити 2 отв., витримуючи розміри 3, 2, 6, 7, по програмі. Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12] свердло SCD 040-017-060 AP3N (рис.1.10), патрон DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX (рис.1.11). Параметри свердла вказані у таблицю 1.9, патрона - у таблиці 1.10.

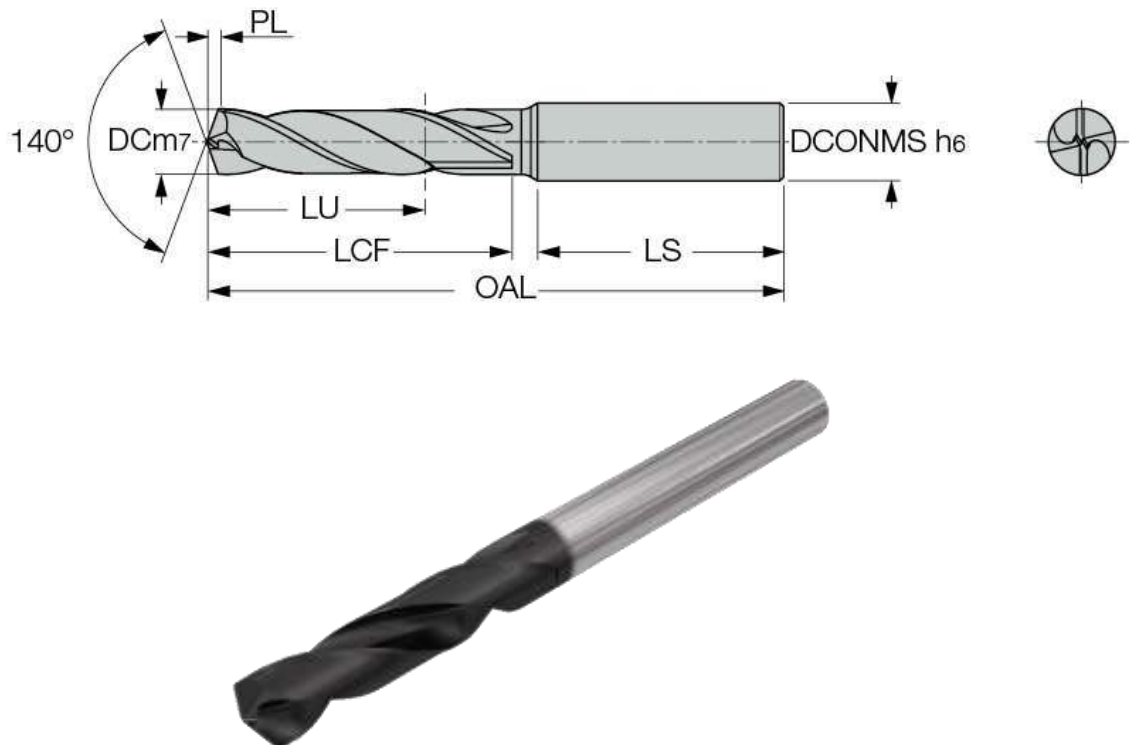


Рисунок 1.10 – Свердло SCD 040-017-060 AP3N

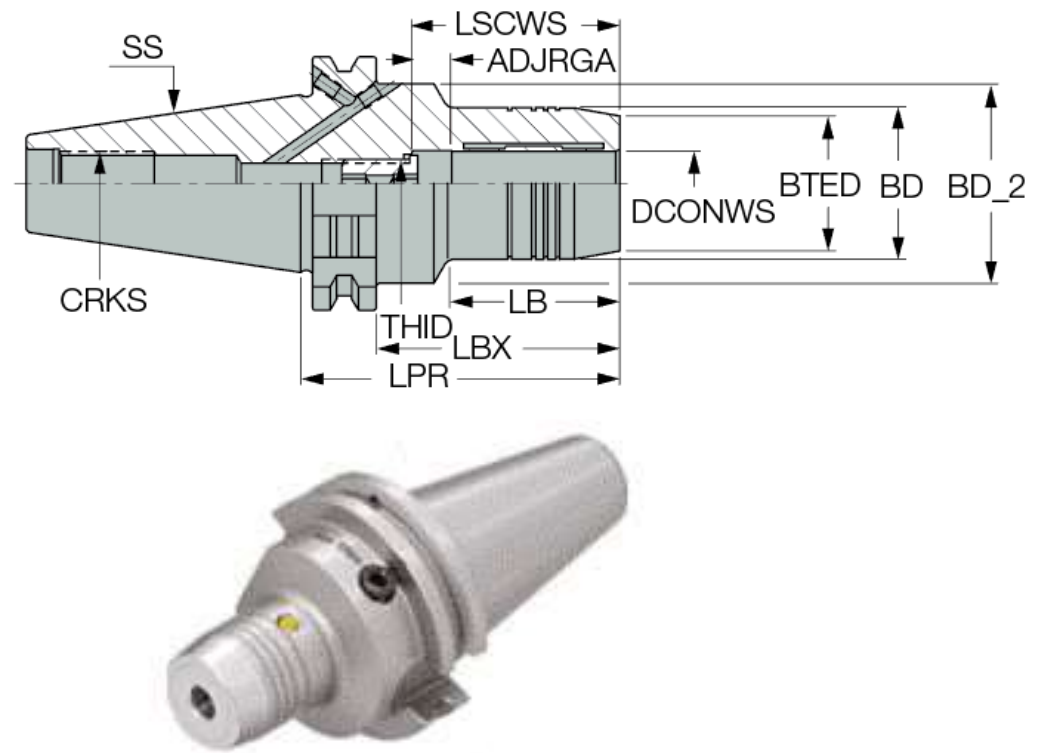


Рисунок 1.11 - Патрон DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX

Таблиця 1.9 – Параметри свердла SCD 040-017-060 AP3N

DC	DCONMS	OAL	LU	LCF	PL	LS
4.00	6.00	66.00	17.00	25.0	0.600	35.0

Таблиця 1.10 – Параметри патрона DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX

SS	DCONWS	BTED	BD	BD_2	LPR	LBX	LB	ADJRGA	LSCWS	THID	CRKS
40	6	23	26	50	68	49	33	11	38	M5	M16

Визначаємо глибину різання:

$$t = 4 / 2 = 2 \text{ мм}$$

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] з інтервалу 0,10...0,18 мм/об приймаємо значення подачі $S_0 = 0,12$ мм/об.

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту. З інтервалу 25...75м/хв приймаємо $V = 30$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання в хв^{-1} по формулі (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 4} = 2388 \text{ хв}^{-1}.$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв, відповідно до прийнятій частоті обертання за формулою (1.29):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25,12 \text{ м/хв}.$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

Знаходимо силу різання та крутний момент при свердлінні за формулами:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.42)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.43)$$

де C_p, q, y, C_M, q, y , – визначаємо по [7, стр.281, табл.32]; $C_p = 68, q = 1,0, x =, y = 0,7$; – для сили різання, $C_M = 0,0345, q = 2,0, x =, y = 0,8$; – для крутного моменту.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,04 = 641,25 \text{ Н}.$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,04 = 1,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (1.44)$$

$$N = \frac{1,3 \cdot 2000}{9750} = 0,27 \text{ кВт}$$

Визначаємо режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою та формулою (1.33):

$$N_{\text{шп}} = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кВт} > 0,27 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час при свердлінні за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_o} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.45)$$

$$y = 0,5 \cdot D, \text{ мм} \quad (1.46)$$

$$y = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 4 + 2 + 5 = 11 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{11}{2000 \cdot 0,12} \cdot 2 = 0,092 \text{ хв}$$

Розраховані аналітичним і табличним способом режими різання заносимо до таблиці 1.11.

1.6.3 Операція 060 – Шліфувальна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 060 – шліфувальну з ЧПК (рис.1.12). Обробка виконується на верстаті з ЧПК Studer S 20-4 [11].

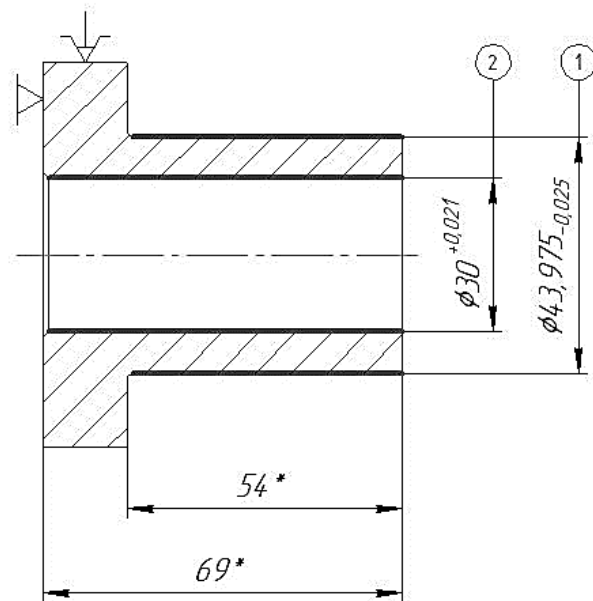
$\sqrt{Ra\ 0,8}$


Рисунок 1.12 – Ескіз до обробки на операції 060 – шліфувальній з ЧПК

Перехід №1 – Шліфувати пов.1, по програмі. Для обробки сталі 45 для зовнішнього круглого шліфування за [7, стор. 253] обираємо матеріал абразивного круга – 24А40С1К. Профіль круга – 1 (з прямим профілем) з розмірами 300х63х127 мм [7, стор. 253, табл.170]. Обробку виконуємо методом врізання з радіальною подачею. Припуск для шліфування складає $h = 0,165$ мм.

Приймаємо колову швидкість заготовки $V_z = 35$ м/хв [7, стор.301, табл.55].

По прийнятій V_z визначаємо частоту обертання заготовки по (1.28) та приймаємо найближче значення по паспорту верстата:

$$n_z = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 43,975} = 253 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_z = 250$ об/хв.

Визначаємо дійсне значення колової швидкості заготовки за (1.29):

$$V_z^d = \frac{3,14 \cdot 43,975 \cdot 250}{1000} = 34,52 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо колову швидкість абразивного круга $V_k = 35$ м/с по [7, стр.301, табл.55].

По прийнятій V_k визначаємо частоту обертання круга та приймаємо найближче значення по паспорту верстата:

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k}, \quad (1.47)$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 300} = 2229 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_k = 2200$ об/хв.

Визначаємо дійсне значення колової швидкості абразивного круга:

$$V_k^d = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (1.48)$$

$$V_k^d = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2200}{1000 \cdot 60} = 34,54 \text{ м/с}$$

Призначаємо радіальну подачу, мм/об по [7, стор. 301, табл. 55], $S_t = 0,002$ мм/об.

Визначаємо потужність за формулою:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_t^x \cdot S_p^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (1.49)$$

де C_N, r, y, q, z – визначаємо по [7, стр.303, табл.56], $C_N = 0,14, r = 0,8, x = 0,8, q = 0,2, z = 1$.

$$N = 0,14 \cdot 34,52^{0,8} \cdot 0,002^{0,8} \cdot 43,975^{0,2} \cdot 54^1 = 1,9 \text{ кВт}$$

$N_{\text{різ}} = 1,9 \text{ кВт} \leq N_{\text{шп}} = 3 \text{ кВт}$ – умова виконується, обробка можлива.

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 - Токарна

Допоміжний час визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.51)$$

де t_y - час на установку і зняття деталі, [13, стор.138, к.51];

$t_{\text{упр}}$ - час на управління верстатом, [13, стор.152, к.60];

$t_{\text{контр}}$ - час на контроль оброблених поверхонь, [13, стор.160, к.64];

$$t_{\text{доп}} = 0,07 + 0,12 + (0,12 + 0,10) = 0,41 \text{ хв}$$

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}}, \quad (1.52)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,45 + 0,41 = 0,86 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.53)$$

де $\alpha_{\text{тех}}$ - відсоток від оперативного часу, необхідний на технічне обслуговування, хв; [13, стор.136, к.49];

$\alpha_{\text{відп}}$ - відсоток від оперативного часу, необхідний для відпочинку, хв; [13, стор.136, к.49];

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 0,86 = 0,086 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод} , \quad (1.54)$$

$$t_{шт} = 0,86 + 0,086 = 0,946 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначається за формулою:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3} , \quad (1.55)$$

де $t_{пз1}$ -норматив часу на наладку верстата і пристосування, $t_{пз1} = 12$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{пз2}$ -норматив часу на установку ріжучого інструменту, $t_{пз2} = 6$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{пз3}$ -норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни, $t_{пз3} = 7$ хв; [13, стор.135, к.49];

$$t_{пз} = 12 + 6 + 7 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{шк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}, \quad (1.56)$$

$$t_{шк} = 0,946 + \frac{25}{40} = 1,571 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 030 – Горизонтально-фрезерна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому $t_y = 0,07$, [13, стор.438, к.63]; $t_{упр} = 0,25$ [13, стор.440, к.64]; $t_{контр} = 0,26$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{доп} = 0,07 + 0,25 + 0,26 = 0,58 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{\text{оп}} = 0,632 + 0,58 = 1,21 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.53), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 1,21 = 0,121 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{\text{шт}} = 1,21 + 0,121 = 1,33 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), де $t_{\text{пз1}} = 17 \text{ хв}$, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз2}} = 2 \text{ хв}$, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз3}} = 7 \text{ хв}$, [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{пз}} = 17 + 2 + 7 = 26 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шк}} = 1,33 + \frac{26}{40} = 1,98 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 060 – Шліфувальна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому $t_y = 0,12$, [13, стор.56, к.5]; $t_{\text{упр}} = 0,16$ [13, стор.79, к.14]; $t_{\text{контр}} = 0,20$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,12 + 0,16 + 0,20 = 0,48 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{оп} = 0,51 + 0,48 = 0,99 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.53), де $\alpha_{тех}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{відп}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{дод} = (0,08 + 0,035) \cdot 0,99 = 0,14 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{шт} = 0,99 + 0,14 = 1,13 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), де $t_{пз1} = 13 \text{ хв}$, [13, стор.96, к.21]; $t_{пз2} = 5,5 \text{ хв}$, [13, стор.97, к.21]; $t_{пз3} = 3,8 \text{ хв}$, [13, стор.104, к.28].

$$t_{пз} = 13 + 5,5 + 3,8 = 22,3 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{шк} = 1,13 + \frac{22,3}{40} = 1,69 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Облад- нання	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{оп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{ш.к}}$, хв
015	Токарна	16K20	0,45	0,41	0,86	0,09	0,95	25	1,571
020	Токарна	16K20	0,49	0,38	0,87	0,09	0,96	25	1,59
025	Токарна з ЧПК	HAAS ST20	0,95	0,51	1,46	0,16	1,62	28	2,32
030	Горизонтально -фрезерна з ЧПК	HAAS HS-1	0,632	0,58	1,21	0,12	1,33	26	1,98
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST20	1,22	0,56	1,78	0,2	1,98	28	2,68
060	Шліфувальна з ЧПК	Studer S20-4	0,51	0,48	0,99	0,14	1,13	22,3	1,69

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

1.8.1 Розробка розрахунково-технологічної карти обробки деталі

Проектування операції для верстата з ЧПК виконуємо для операції 030 – горизонтально-фрезерна з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК HAAS HS-1, устаткування SIEMENS SINUMERIK 8400.

На ескізі (рисунок 1.12) проставляємо операційні розміри з відхиленнями і налагоджувальні розміри, які використовують в подальшому при розрахунках.

Налагоджувальні розміри визначаємо за формулою:

$$A_{\text{нал.}} = \frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2} \quad (1.57)$$

Розрахунок налагоджувальних розмірів зводимо в таблицю 1.13.

Таблиця 1.13 – Розрахункові налаштувальні розміри

№ п/п	Налаштувальний розмір, мм	Операційний розмір, мм
1	3,05	$3^{+0,1}$
2	4,94	$5_{-0,12}$
3	18	$18 \pm 0,09$
4	37	$37 \pm 0,125$
5	45,125	$45^{+0,25}$
6	6,015	$6^{+0,03}$
7	19	$19 \pm 0,2$
8	$\varnothing 4,015$	$\varnothing 4^{+0,03}$

Вибираємо систему координат деталі. Початок системи відліку («0» деталі) - перетин осей «X-Z». Вісь Z напрямлена перпендикулярно до опорної поверхні, вісь X поєднуємо з опорною поверхнею.

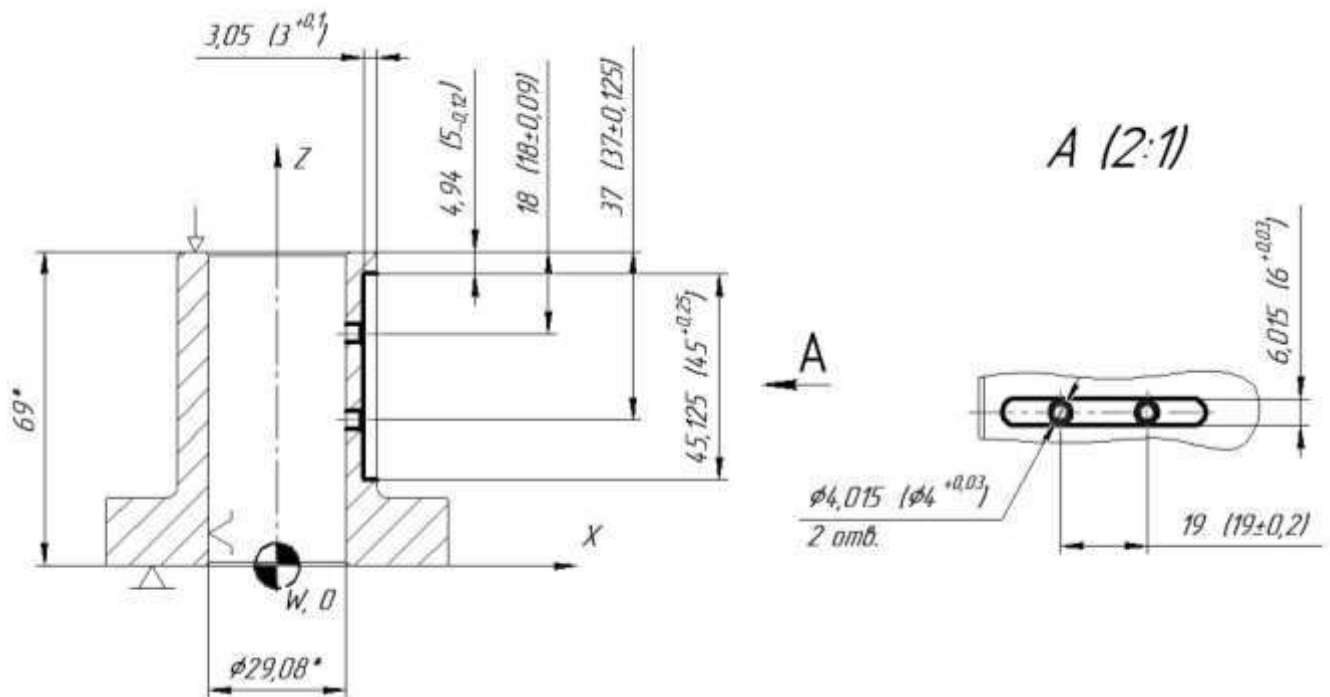


Рисунок 1.13 – Операційний ескіз, підготовлений для РТК

1.8.2 Розробка керуючої програми

Керуючу програму розробляємо в системі Siemens NX10. Процес проектування операції складає з декількох етапів:

- моделювання заготівки;
- моделювання деталі;
- налаштувати геометрію обробки (вказати систему координат шпинделя MCS_SPINDLE, вказати геометрію деталі та заготівки WORKPIESE, згенерувати токарний переріз TURNING, вказати маневрування ріжучого інструмента AVOIDANCE);
- створення ріжучих інструментів, які необхідні для обробки;
- створення операцій переходів;
- генерувати КП для верстата.

Моделюємо деталь, яка утворюється на операції 025, вона є заготівкою для наступної операції. Також моделюємо деталь, конфігурація якої буде утворюватись після обробки (операція 030). Результат моделювання показан на рис. 1.14.

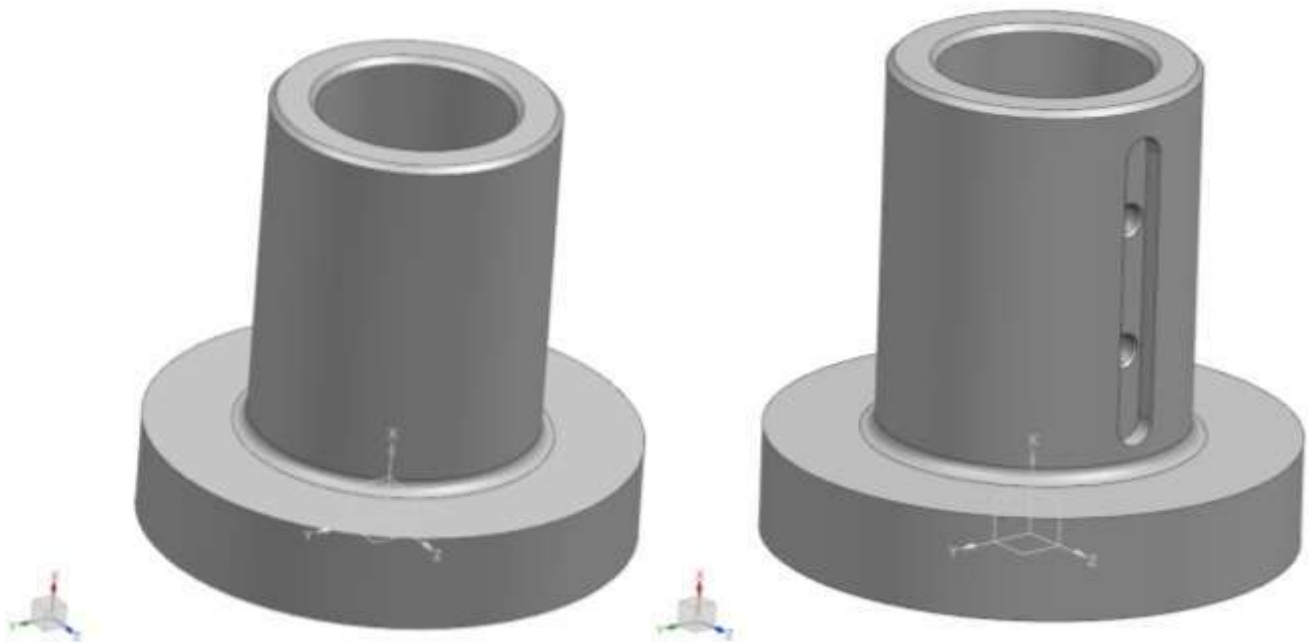


Рисунок 1.14 – Результат моделювання заготівки та деталі відповідно

Далі налаштовуємо геометрію обробки, де вказуємо систему координат шпинделя MCS_MILL → вказуємо геометрію деталі та заготовки WORKPIESE, де зазначаємо матеріал деталі → створюємо інструменти для обробки по переходам, які були визначені попередньо при розрахунках режимів різання (рис.1.15). Так як операція складається з 2 переходів, тому і інструментів створюємо також 2.

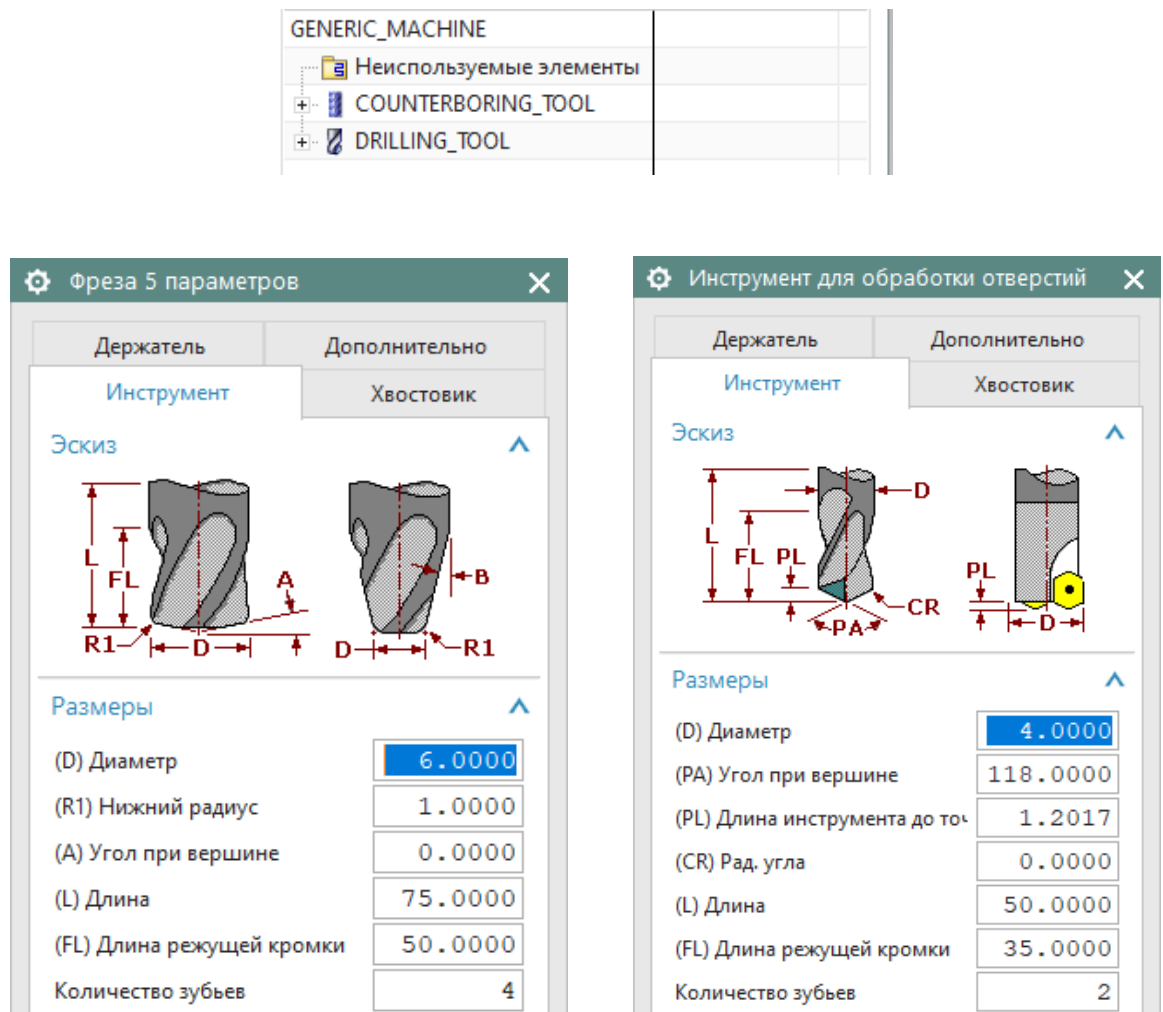


Рисунок 1.15 – Створення ріжучого інструменту

Далі створюємо операції переходу. Для цього у меню викликаємо команду «Создание операции» , у вікні, що з'явилося, вибираємо необхідну операцію, наприклад «Сверление», та зазначаємо отвори, які будуть оброблятися. У параметрах операції вказуємо швидкості та подачі, які розраховували у п.1.6.2 та генеруємо операцію.

Результат генерації та траєкторія руху інструмента для першого переходу (фрезерування пазу) показан на рис. 1.16, для другого (свердління 2-х отворів) – рис.1.17.

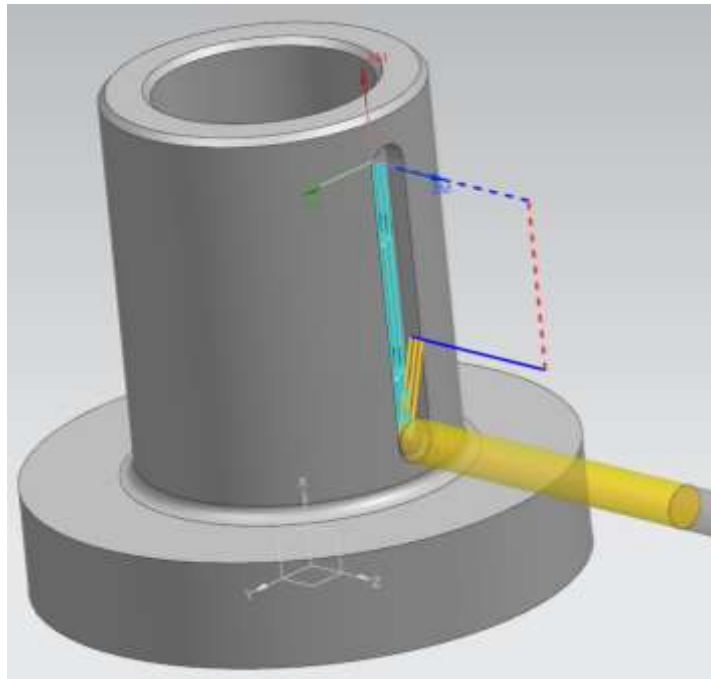
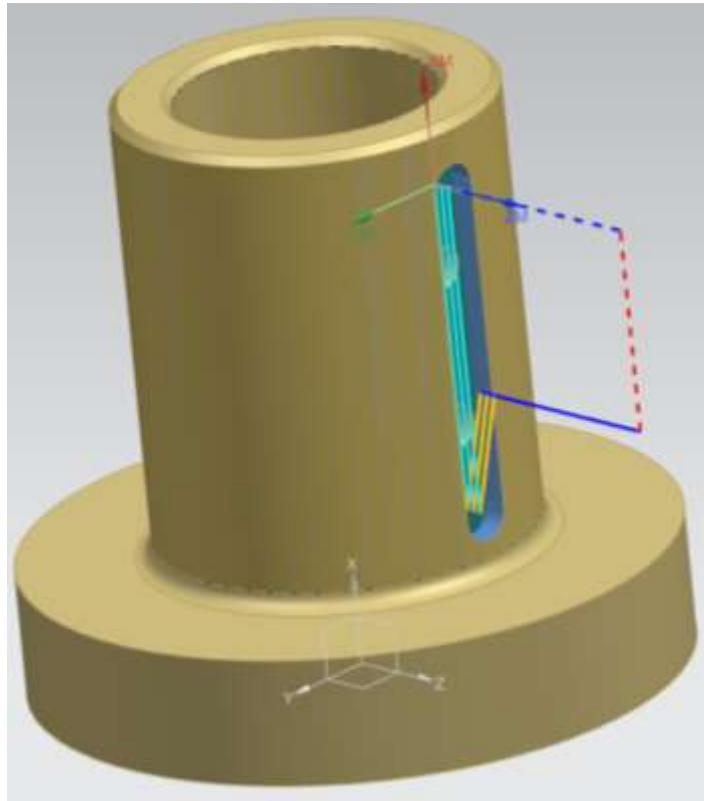


Рисунок 1.16 – Результат створення операції та траєкторія руху інструмента №1 для першого переходу

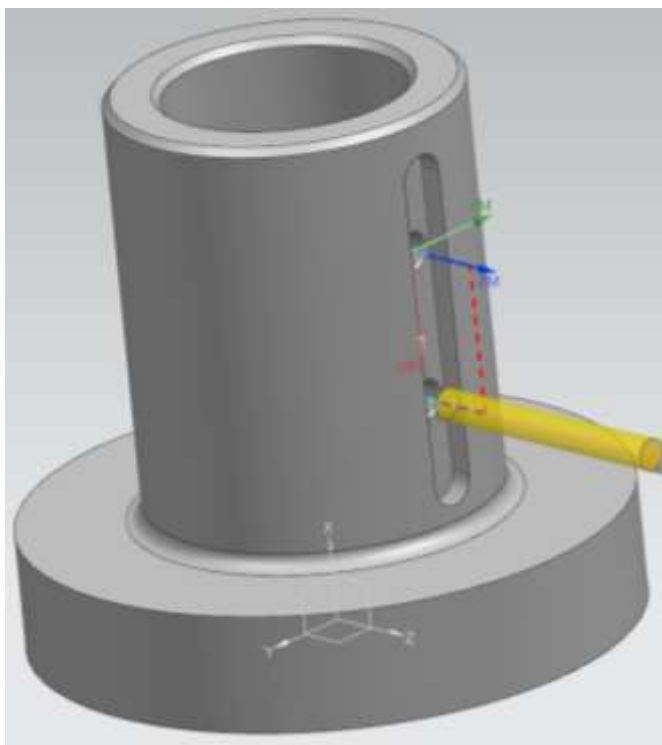
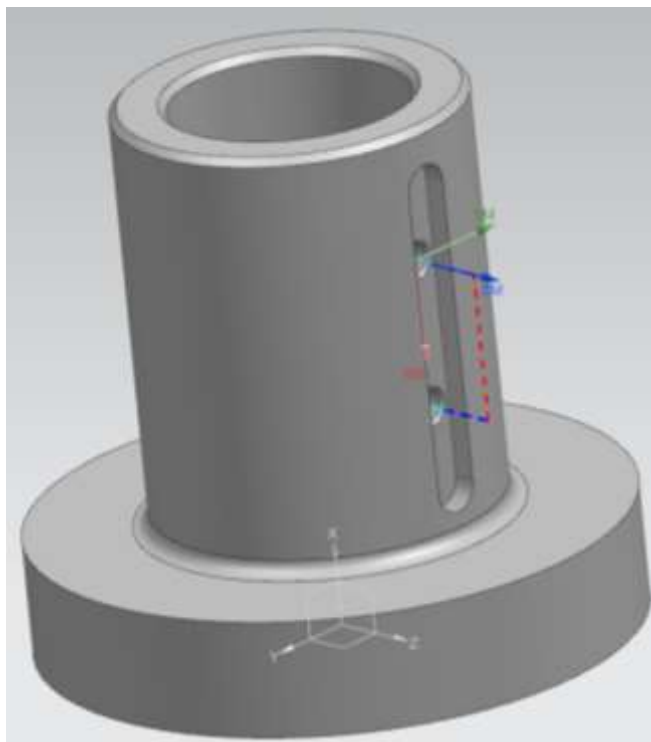


Рисунок 1.17 – Результат створення операції та траєкторія руху інструмента №2 для другого переходу

Генеруємо КП для всієї операції у постпроцесорі. Результат генерації та керуюча програма показана у Додатку В.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

На операції 030 – горизонтально-фрезерній з ЧПК використовується пневматичне пристосування для фрезерування пазу та свердління 2-х отворів (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата HAAS HS-1.

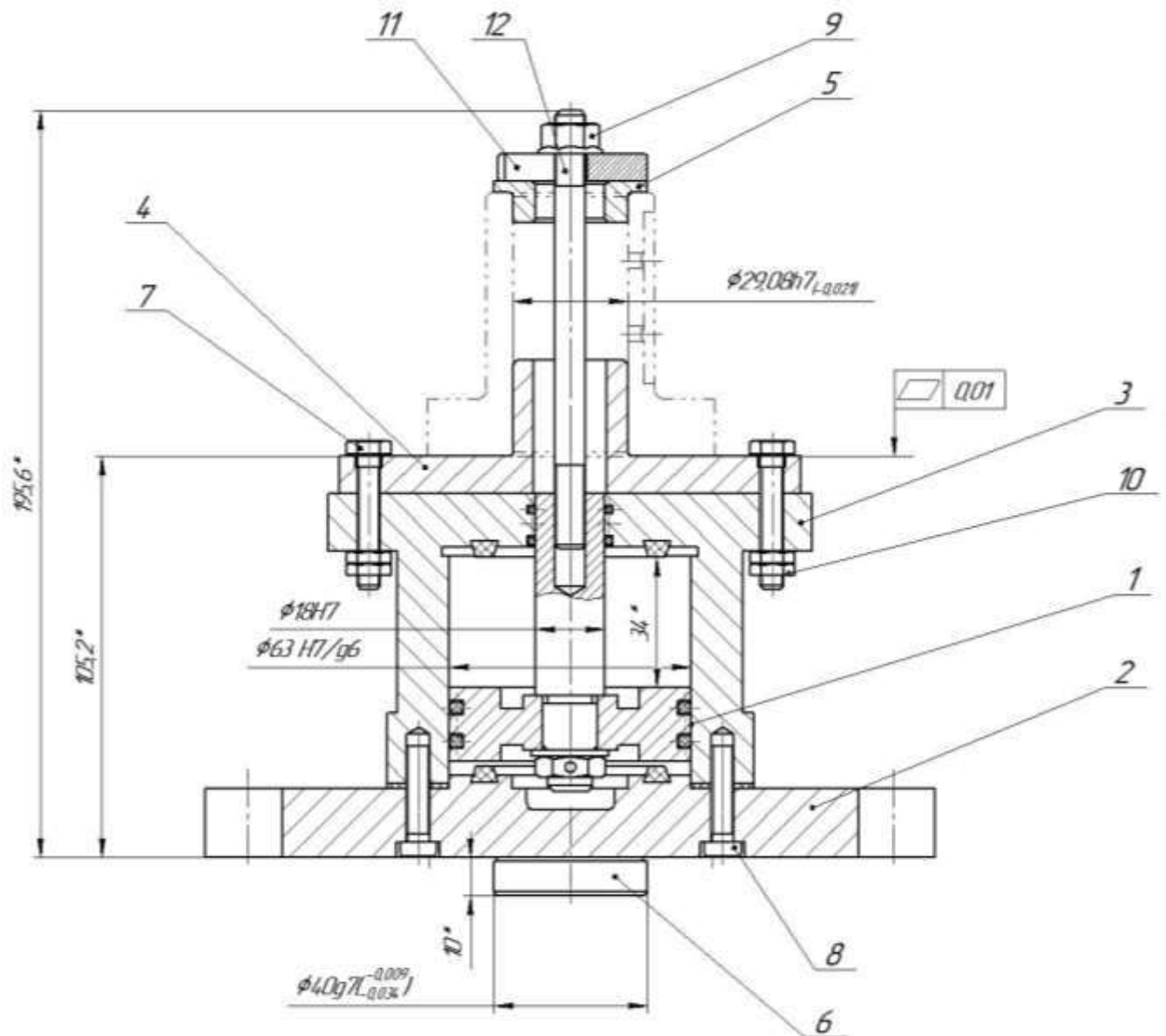


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для фрезерування та свердління

Для затиску деталі «Втулка» на операції використовуємо пристрій з пневмоциліндром.

Пневматичні приводи поділяються за видом пневмодвигуна на поршневі і діафрагмові, за схемою дії - на одно-і двосторонні, за методом компонування з пристосуванням - на вбудовані та агрегатовані, за видом установки - на стаціонарні і обертові, за кількістю приводів - на одинарні та здвоєні.

До переваг приводів слід віднести швидкість дії (0,5 ... 1,2 с), сталість зусилля затиску і можливість його регулювання, простоту конструкції та експлуатації, незалежність працездатності від коливань температури навколишнього середовища.

Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму під час застосування пневмоприводу становить 0,1...2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації і нерівномірність ходу. Економічно доцільно застосування пневмоприводу в механізмах із зусиллям до 30 кН і пневмоциліндрів з максимальним діаметром 250 мм.

Недоліками пневмоприводу є досить низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом (через застосування низького тиску повітря), нерівномірність переміщення робочих органів, особливо при змінних зусиллях, неможливість зупинки в середині ходу.

Циліндри виготовляються одно- та двосторонньої дії. У циліндрах односторонньої дії зворотний хід здійснюється пружиною, що забезпечує економію стисненого повітря до 40%.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування складається з пневмоциліндру 1, який вмонтован у корпус 3 та закріплен болтами 8 до плити 2. Оправка 4 призначена для встановлення на неї оброблюємої деталі, а також центрування деталі у пристосуванні по поверхні $\varnothing 29,08h7_{-0,021}$. Оправка закріплена до корпусу 3 болтами 7.

Центрування пристосування на столі верстата відбувається за рахунок центратора 6. Закріплюється пристосування за допомогою болтів M16 через два пази 18 мм.

Втулка 5 призначена для закріплення та центрування деталі. На втулку 5 тисне швидкоз'ємна шайба 11, яка закріплена гайкою 9.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вгвинчена шпилька 12, на якій на іншому кінці загвинчена гайка 9. Зусилля, яке передається через шпильку та гайку на шайбу 11 та втулку 5, закріплює деталь. При потраплянні стислого повітря у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вгору, внаслідок чого сила затиску послаблюється та деталь розкріплюється.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Втулка» встановлюється на жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю і площину (рис. 2.2).

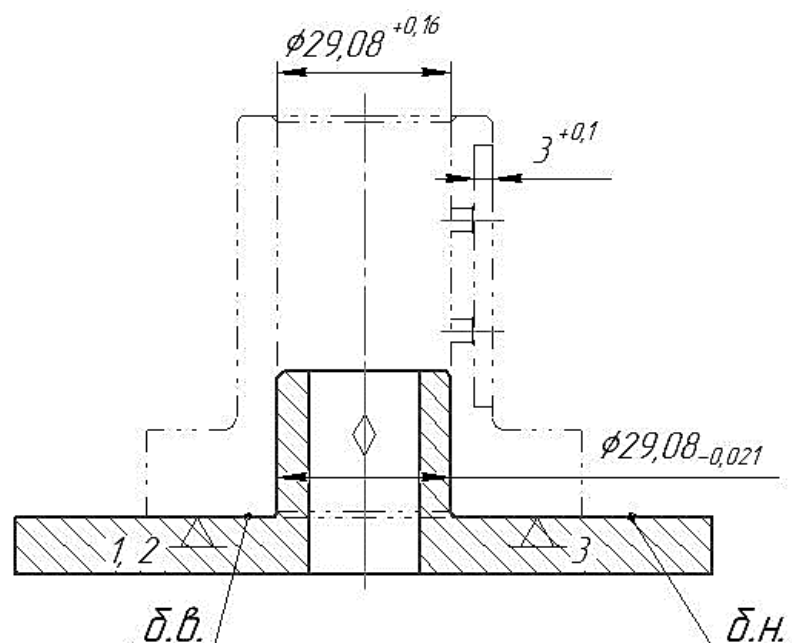


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі жорсткий циліндричний палець.

Визначаємо похибку встановлення на розмір $3^{+0,1}$ під час фрезерування пазу по [14, стр.51].

Похибка встановлення визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2}, \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{\text{з}}$ — частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення;

$\varepsilon_{\text{б}}$ — частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз.

Похибка встановлення на розмір визначаємо за [14, стр.51] по формулі:

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

$$S_{\text{max}} = Td_{\text{д}} + TD_0, \quad (2.3)$$

де $Td_{\text{д}}$ — допуск на базовий діаметр деталі;

TD_0 — допуск на отвір оправки.

$$S_{\text{max}} = 0,16 + 0,021 = 0,181 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{бд}} = \frac{0,181}{2} = 0,091 \text{ мм}$$

Похибка закріплення по [14, стр.51] складає $\varepsilon_{\text{з}} = 0$ мкм, так як напрямки сили закріплення та розмір обробки взаємно перпендикулярні.

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,091^2 + 0^2} = 0,091 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення $3^{+0,1}$ ($Td=0,1\text{мм}$), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Визначимо розмір установка при фрезеруванні шпонкового пазу на розмір $6^{+0,03}$ (рис. 1.7). Відхилення вісі шпонкового паза відносно вісі заготовки не більше 0,03 мм. Товщина щупа $S=3_{-0,006}$ мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

Визначаємо середній розмір обробки:

$$\frac{B_{\text{cp}}}{2} = \frac{\left(B + \frac{TB}{2}\right)}{2} \quad (2.4)$$

де TB — допуск на виготовлення шпонкового паза, $TB = 0,03$ мм;

$$\frac{B_{\text{cp}}}{2} = \frac{\left(6 + \frac{0,03}{2}\right)}{2} = \frac{6,015}{2} = 3,0075 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка:

$$H_{\text{cp}} = \frac{B_{\text{cp}}}{2} + S \quad (2.5)$$

$$H_{\text{cp}} = 3,0075 + 3 = 6,0075 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка по формулі:

$$T_H = T_{\text{т.т.}} - k_2 \cdot \omega \quad (2.6)$$

де $T_{\text{т.т.}}$ — допуск на відхилення вісі відносно шпонкового паза, $T_{\text{т.т.}} = 0,03$ мм;

k_2 — коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибки, спричиненої факторами, незалежними від конструкції пристосування; $k_2 = 0,6 \dots 0,8$;

ω — середня економічна точність обробки., визначаємо по [14, табл.5.5].

$$T_H = 0,03 - 0,6 \cdot 0,03 = 0,012 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_H = 0,01$ мм.

Визначаємо виконавчий розмір установка:

$$\boxed{H} = 6,01^{+0,01} \text{ мм}$$

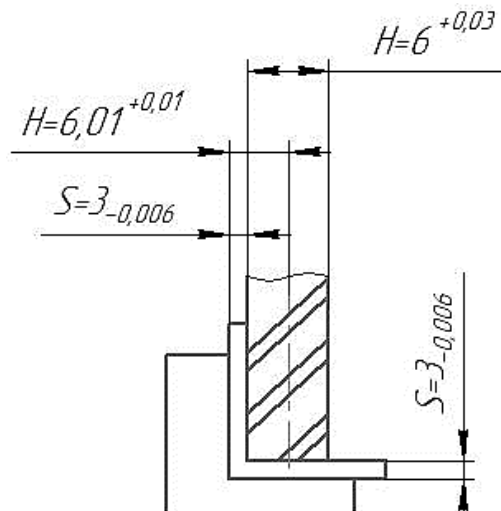


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для фрезерування шпонкового пазу (повернуто)

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту. Розрахунок проводимо по лімітуючому інструменту, тобто, де сили при обробці виникають найбільші, а саме по фрезі. Сила різання складає $P_z = 1168,4$ Н, крутний момент $M_{кр} = 35,05$ Нм.

Зусилля затиску визначаємо за формулою [14, стр.104]:

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot P_z \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot (D^3 - d^3)}, \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.8)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу закріплення [14, стр.100]; $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки [14, стр.100];
 $k_1 = 1,0$;

k_2 - коефіцієнт, що залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту [14, стр.101], $k_2 = 1,8$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки, в умовах плавної обробки [14, стр.102], $k_3 = 1,0$;

k_4 - коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску [14, стр.102], $k_4 = 1,0$;

k_5 - коефіцієнт, що характеризує зручність розміщення рукоятки для ручних затискачів [14, стр.102], $k_5 = 1,2$;

k_6 - коефіцієнт, враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і залежить від виду опорної поверхні пристосування [14, стр.102], $k_6 = 1,5$;

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 4,86$$

$$W = \frac{3 \cdot 4,86 \cdot 1168,4 \cdot (75^2 - 29,08^2)}{0,16 \cdot (75^3 - 29,08^3)} = 1280,85 \text{ Н}$$

Так як зусилля затиску діє в одному напрямку із зусиллям на штоці, то приймаємо $W=Q$.

Визначаємо зусилля затиску за формулою:

$$Q = \rho \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (2.9)$$

де ρ - тиск повітря, $\rho = 0,6 \text{ Мпа}$;

D – діаметр циліндра, мм;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta=0,8$;

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра:

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1280,85}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,85}} = 56,56 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр пневмоциліндра 63 мм, а діаметр поршня 18 мм. Виходячи із стандартного діаметру пневмоциліндра розраховуємо дійсне зусилля затиску:

$$Q = 0,6 \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} \cdot 0,85 = 1589,0 \text{ Н}$$

Так як сила різання складає 1168,4 Н, а сила затиску 1589,0 Н, то цієї сили достатньо для затиску деталі та даний пристрій забезпечить достатній затиск деталі для запобігання зсуву заготовки з пристроєм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольні пристосування служать для контролю розмірів окремих поверхонь деталі і точності їх взаємного розташування, для контролю за якістю і стабільністю технологічного процесу, в тому числі і з метою управління ним, для перевірки відстаней між деталями складальної одиниці, між складальними одиницями машини або між осями, для перевірки конфігурації, коректності положення деталей або складальних одиниць, для контролю конструктивних характеристик, які утворюються в процесі складання, для визначення експлуатаційних параметрів деталей окремих машин і технічних характеристик виробу в цілому та ін.

Контрольно-вимірювальне пристосування являє собою особливу виробничий вимірювання і контролю - конструктивно поєднує базують, затискні і вимірювальні пристрої.

Головні вимоги до контрольно-вимірювальним пристосуванням:

- забезпечення оптимальної точності;
- зручність в експлуатації;
- технологічність у виготовленні;
- зносостійкість;
- економічна доцільність.

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольний пристрій призначен для перевірки радіального биття внутрішньої поверхні $\varnothing 30^{+0,021}$ відносно вісі деталі, яке повинно складати не більше 0,01 мм.

Пристрій (рис.2.3) складається з плити 1, яке ставиться на контрольний стіл ніжками 10. До плити закріплена призма поз.11, на яку встановлюється деталь діаметром $\varnothing 44$.

Стіка 2 входить у напрямну колодку 9, яка дозволяє стійці рухатися у повздовжньому напрямку. На стійці закріплені рычаг 3 і індикаторним годинником 8, та важіль 5.

Після встановлення деталі у призму стійка 2 з індикаторним годинником 8 та важілем 5 підводиться до перевіряємої поверхні. Регулюється індикатор 8 з важілем 5 за допомогою ролика 4. Після підводу, лімб годинника встановлюється на «0». Далі деталь прокручують на призмі. Відхилення радіального биття через важіль 5 буде передаватися на наконечник годинника та результат вимірювання відобразиться на циферблаті.

Індикатор для вимірювання використовується 1МІГ ГОСТ 9696-80 (рис. 2.4). Радіальне биття визначають по різниці в показаннях індикаторних годин при обертанні деталі.

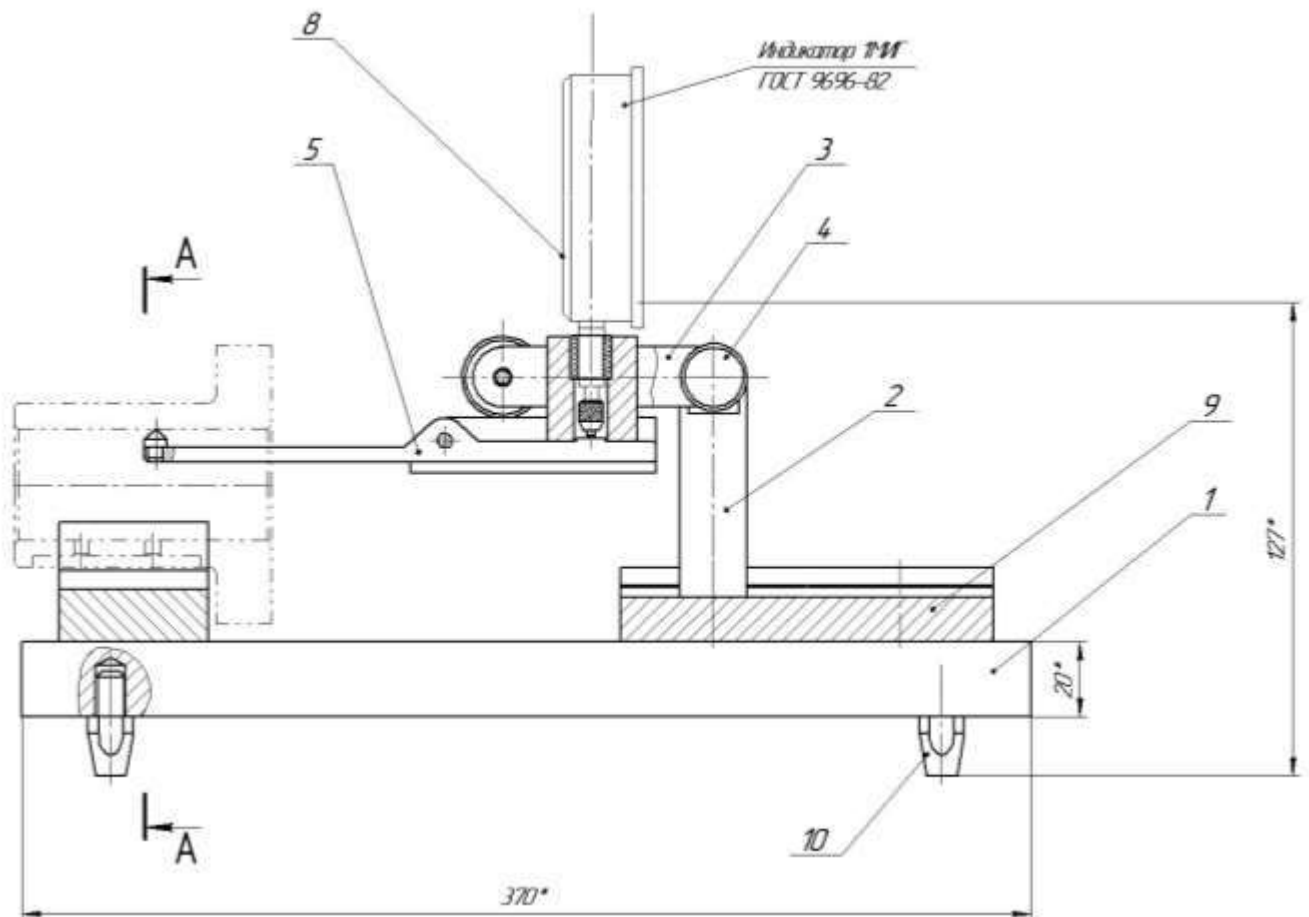


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристосування

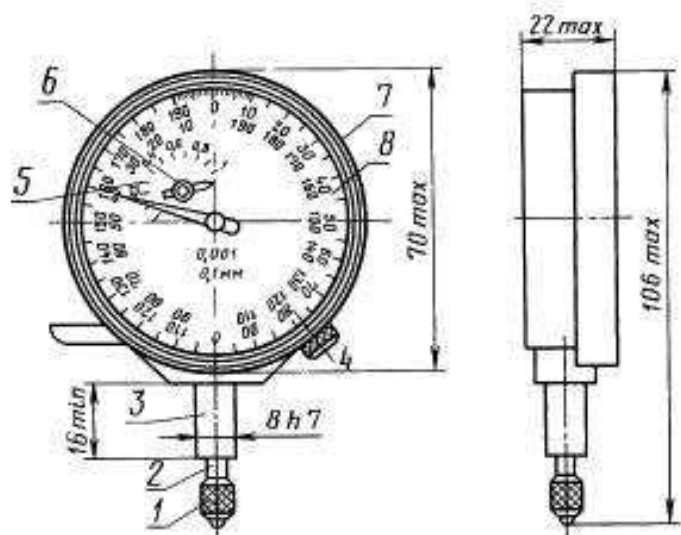


Рисунок 2.4 – Індикатор годинникового типу

2.3 Розрахунок на міцність

Міцність - одна з основних вимог, що пред'являються до деталей і пристосувань в цілому. Міцність деталей може розглядатися за коефіцієнтами запасу або по номінальній напрузі, що допускається. Розрахунки по номінальній напрузі, що допускається менш точні і прогресивні, але значно простіше.

За допомогою розрахунку деталей (елементів) пристосувань на міцність можна вирішувати два завдання:

а) перевірку на міцність вже існуючих деталей з певними розмірами перерізів шляхом порівняння фактичного напруження (моментів, сил) з тими, що допускаються - перевірочний розрахунок;

б) визначення розмірів перетинів деталей - попередній проектний розрахунок.

Виконаємо розрахунок на міцність для шпильки 12, яка використовується у пристосуванні для фрезерування та свердління на 030 операції. Попередньо було обрано діаметр шпильки 8 мм.

Запас міцності по напруженням визначаємо по [16, стр.194] за формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}}, \quad (2.8)$$

де $[\sigma]$ — допустимі значення згідно механічним властивостям матеріалу [16, стр.200, табл.9.1];

σ_{max} — максимальне напруження, яке виникає у деталі;

k — коефіцієнт запасу, для деталей пристосування $k = 1,5 - 2,0$;

Таким чином напруження, яке виникає у деталі повинне відповідати формулі:

$$k \cdot \sigma_{max} \leq [\sigma] \quad (2.9)$$

Виконуємо перевірочний розрахунок у програмі ANSYS Workbench. Завантажуємо в програму 3д модель шпильки та розбиваємо її на сітку з розміром 0,5 мм (рисунок 2.5)

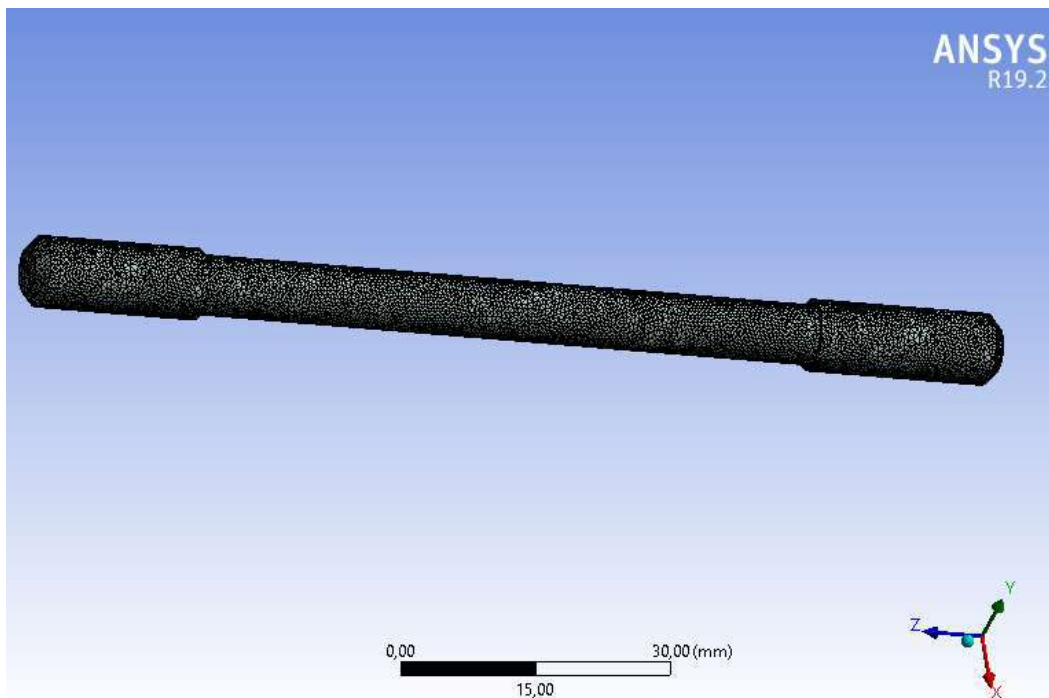


Рисунок 2.5 – Розбивка шпильки поз.12 на сітку

Закріплюємо її жорстко у верхньому кінці, де нагвинчується гайка з упором у шайбу. На нижньому кінці прикладаємо зусилля, яке рівне тягнущому зусиллю на штоці, яке складає 1589,0Н. Схема прикладання показана на рисунку 2.6

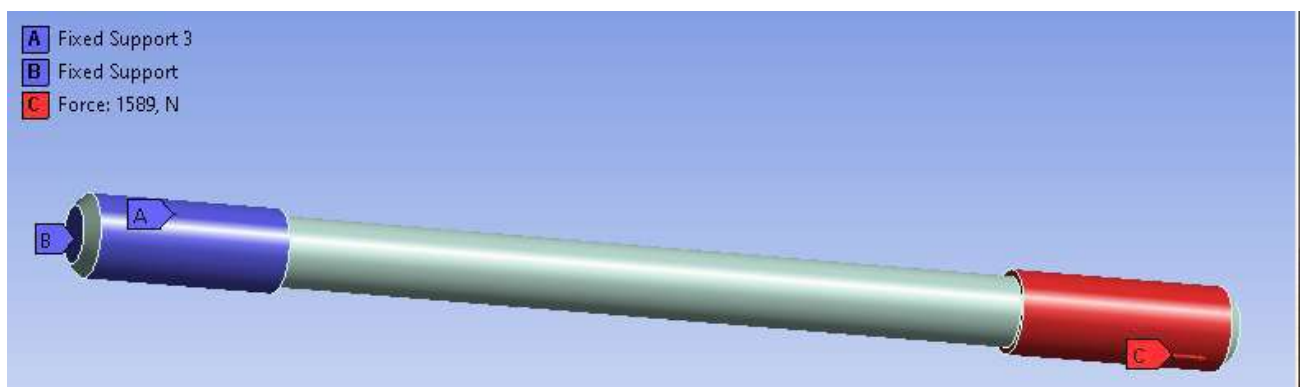


Рисунок 2.6 – Прикладення сил до шпильки

Після прикладення всіх сил, запускаємо програму на розрахунок. Результат розрахунку покан на рисунку 2.7.

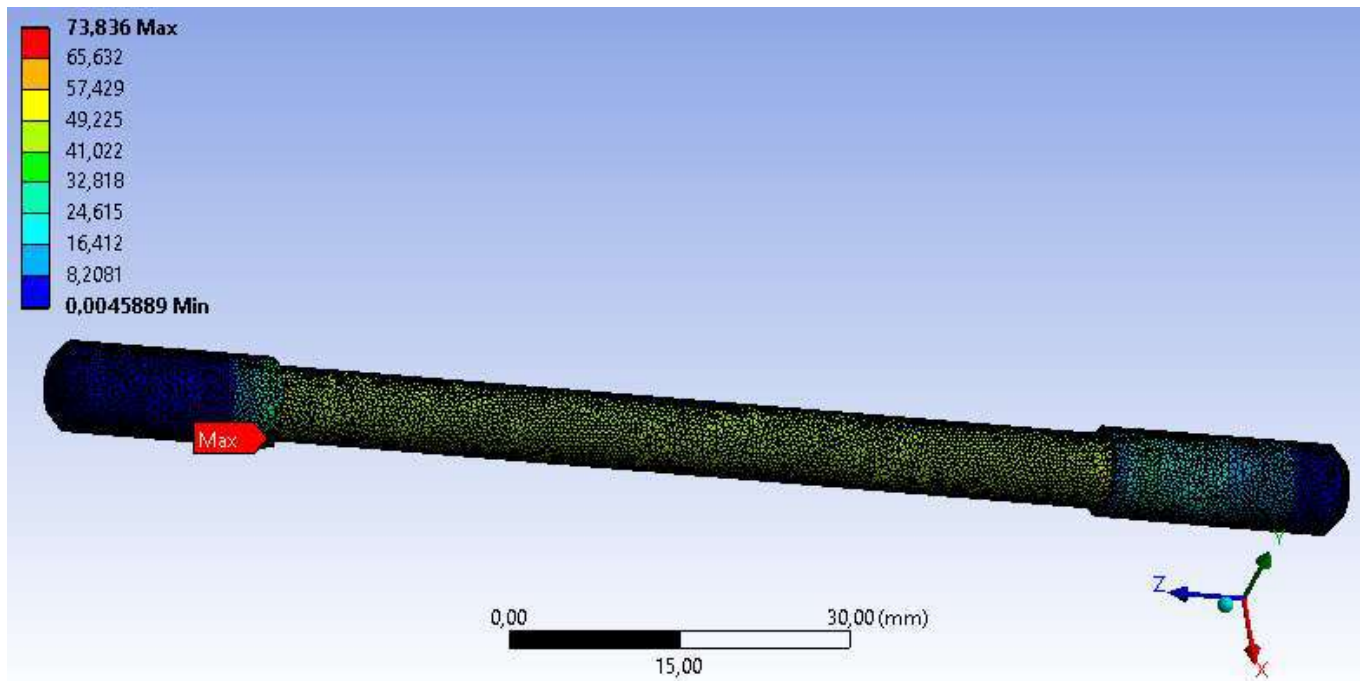


Рисунок 2.7 – Результат розрахунку на міцність шпильки

Розрахунок показав, що найбільші напруги виникатимуть у верхній частині шпильки, на переході з різьби на гладку поверхню. Значення найбільшої напруги складає 73,84 МПа.

Допустиме значення матеріалу шпильки (стал 14X17H2) при розтязі-стисканні складає 120 МПа , [16, стр.200, табл.9.1].

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 73,84 = 110,76 \text{ МПа}$$

$$110,76 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа}$$

Таким чином, максимальна напруга менше за допустиму, значить величина перетину навантаженої деталі обрана правильно.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

У п.п.1.2 було визначено тип виробництва – змінно-потокова форма організації робіт, з річною програмою випуску $N = 5000$ шт.

На ділянці окрім деталі «Втулка» виробляються наступні деталі: колесо зубчасте ($N = 9000$ шт), вал ведений ($N = 4500$ шт), шестерня конічна ($N = 7500$ шт), передня ступиця ($N = 9000$ шт), втулка перехідна ($N = 8000$ шт).

Розраховуємо річну верстатомісткість по кожній операції по формулі:

$$T_{\text{шк}} = \sum_j t_{\text{шк } ij} \cdot N_j, \quad (3.1)$$

де $t_{\text{шк } ij}$ –штучно-калькуляційний час обробки, хв;

N_j –річна програма випуску деталі, шт;

$$T_{\text{шк1}} = 5000 \cdot 1,571 + 9000 \cdot 3,67 + 4500 \cdot 2,51 + 7500 \cdot 4,86 + 9000 \cdot 5,64 + \\ + 8000 \cdot 10,41 = 222670 \text{ хв}$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій ТП та результати розрахунків заносимо у таблицю 3.1

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання заданих операцій за формулою:

$$S_{pi} = \frac{T_{\text{шк}}}{F_g \cdot m \cdot 60}, \quad (3.2)$$

де F_g – дійсний фонд часу роботи обладнання, $F_g = 2096$ ч для 2024 року;

m –кількість змін, $m = 2$;

$$S_{p1} = \frac{222670}{2096 \cdot 2 \cdot 60} = 0,89$$

приймаємо $S_{n1} = 1$ верстат

Аналогічно розраховуємо для інших операцій ТП та результати розрахунків заносимо у таблицю 3.1.

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

$$K_{3i} = \frac{S_{pi}}{S_{ni}}, \quad (3.3)$$

$$K_{31} = \frac{0,89}{1} = 0,89$$

Аналогічно виконуємо розрахунки інших операцій ТП. Отримані результати заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок кількості обладнання

Номер деталі		1	2	3	4	5	6	$\sum_j t_{шк\ ij} N_j$	S_{pi}	S_{ni}	K_{3i}
Річна програма випуску N_j , шт		5000	9000	4500	7500	9000	8000				
1	16K20	1,571	3,67	2,51	4,86	5,64	10,41	222670	0,89	1	0,89
2	16K20	1,59	4,81	15,16	10,35	10,7	12,7	394985	1,57	2	0,79
3	HAAS ST20	2,32	1,12	7,22	14,1	15,1	33,6	564620	2,24	3	0,75
4	HAAS HS-1	1,98	6,15	48,97	13,62	6,6	18,9	598365	2,38	3	0,79
5	HAAS ST20	2,68	2,12	16,45	23,45	19,2	14,56	571660	2,27	3	0,76
6	Studer S20-4	1,69	2,79	3,83	15	15,4	14,56	418375	1,66	2	0,83
7	NZA		48,37	6,28	18,6	8,6	2,62	701450	2,79	3	0,93
8	3151П		3,91	41,78	10,15	4,8	6,2	392125	1,56	2	0,78
9	3151П		1,84	22,56	39,96	8,5	11,38	585320	2,33	3	0,78
10	3K227A		10,27	18,4	17,54	3,28	11,6	429100	1,71	2	0,85
11	3K227A		2,64	18,4	6,7	16	15,4	424010	1,69	2	0,84
Всього:									21,08	26	0,81

Середній коефіцієнт завантаження визначаємо за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n}, \quad (3.4)$$

$$\overline{K_3} = \frac{21,08}{26} = 0,81$$

Будуємо графік завантаження ТО (рис.3.1).

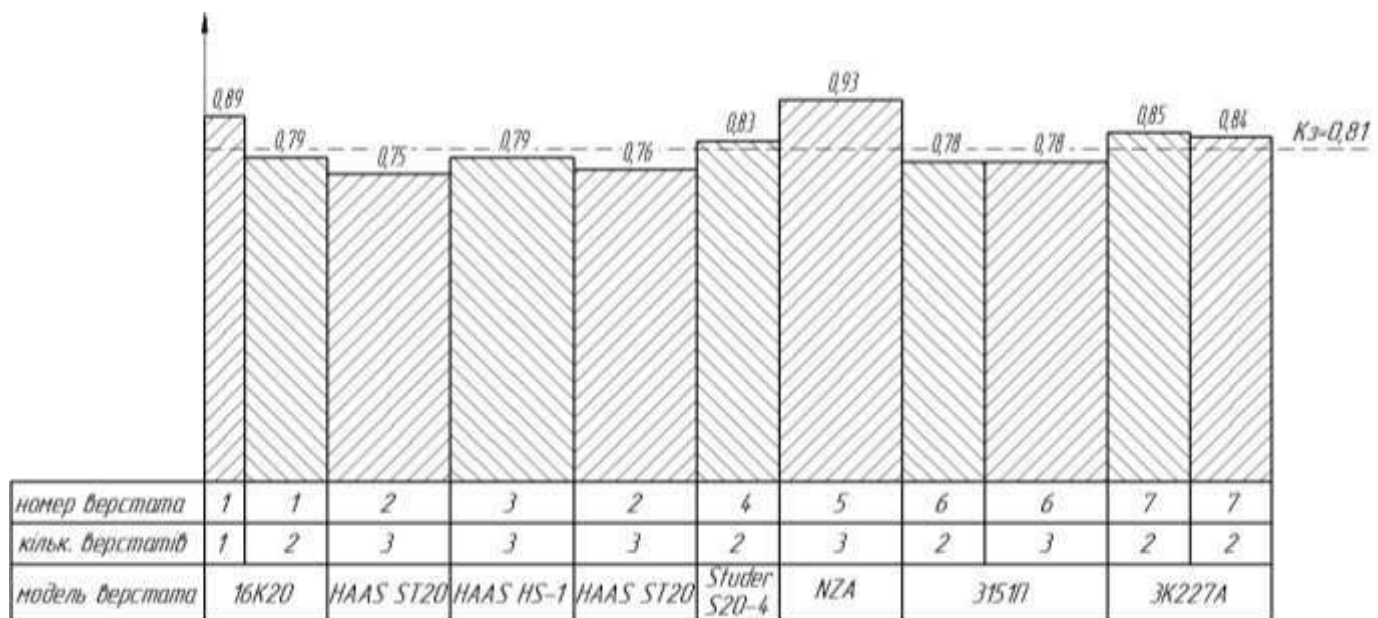


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою:

$$K_{3.0.} = O/M, \quad (3.5)$$

де O – кількість операцій, які використовується на технологічній лінії обробки деталі «Втулка», $O = 61$ операція;

M – кількість робочих місць на технологічній лінії, $M = S_{n\Sigma} = \sum_{i=1}^m S_{ni} = 26$ робочих місць.

$$K_{3.0.} = 61/26 = 2,35 \geq 1$$

Оскільки $K_{3.0.} = 2,35$, остаточно тип виробництва приймаємо як серійне, форма організації робіт лінії – змінно-потокова.

3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників

У серійному виробництві чисельність робітників-верстатників визначають шляхом аналізу структури штучного часу та побудови циклограми багатOVERстатного обслуговування.

БагатOVERстатне обслуговування використовується на верстатах з ЧПК, та може бути застосоване в тому випадку, якщо основний (машинно-автоматний) час на операцію більше суми допоміжного часу на інших операціях та часу, що використовується на переходи оператора від верстата до верстата, тобто:

$$t_{0\ max} \geq \sum t_{\text{доп}} + \sum t_{\text{пер}}, \quad (3.6)$$

де $t_{\text{доп}}$ – допоміжний час на операції, хв.;

$t_{\text{пер}}$ – час, що використовується на переходи оператора від верстата до верстата, хв. $t_{\text{пер}} = 0,2$ хв.;

Перевіряємо можливість застосування багатOVERстатного обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.025: $0,95 \geq 0,51 + 0,2 = 0,71$ – умова виконується;

Оп.030: $0,632 \leq 0,58 + 0,2 = 0,78$ – умова не виконується;

Оп.040: $1,22 \geq 0,56 + 0,2 = 0,76$ – умова виконується;

Оп.060: $0,51 \geq 0,48 + 0,2 = 0,68$ – умова не виконується;

Отже, приймаємо 2 зони багатOVERстатного обслуговування на операціях 025 (3 верстата HAAS ST20) та 040 (3 верстата HAAS ST20).

Розраховуємо кількість верстатів, яке може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні обслуговування, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{\text{оп max}}}{t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.7)$$

де $t_{\text{оп max}}$ – максимальний оперативний час на верстатах, намічених до об'єднання в зону обслуговування;

$t_{\text{пер}}$ – час, затрачуване перехід від верстата до верстата, $t_{\text{пер}} = 0,2$ хв;

$t_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочим оператором верстата, тобто час, що витрачається на встановлення, закріплення та зняття деталі, керування верстатом, контроль якості обробки та інші ручні та машинно-ручні прийоми.

$$m_{s\ 025} = \frac{1,46}{0,51 + 0,2} = 2,06 = 3 \text{ верстата}$$

$$m_{s\ 040} = \frac{1,78}{0,56 + 0,2} = 2,34 = 3 \text{ верстата}$$

Визначаємо кількість операторів у зоні обслуговування за формулою:

$$R_v = S_v / m_{sv} \quad (3.8)$$

де v – номер зони обслуговування;

$$R_{025} = 3/3 = 1 \text{ оператор}$$

$$R_{040} = 3/3 = 1 \text{ оператор}$$

Верстатомісткість зони обслуговування визначається як сума верстатоємностей операцій, що виконуються в зоні:

$$t_{\text{верст.025}} = t_{\text{шт 025}} = 1,62 \text{ хв}$$

$$t_{\text{верст.040}} = t_{\text{шт 040}} = 1,98 \text{ хв}$$

Визначаємо трудомісткість у зоні обслуговування за формулою:

$$t_j = R \cdot t_{\text{шт.к.}}, \quad (3.9)$$

$$t_{j025} = 1 \cdot 2,32 = 2,32 \text{ хв}$$

$$t_{j040} = 1 \cdot 2,68 = 2,68 \text{ хв}$$

Визначаємо коефіцієнт багатостанкового обслуговування за формулою:

$$K_{mj} = t_{\text{шт}}/t_j, \quad (3.10)$$

$$K_{m025} = 1,62/2,32 = 0,70$$

$$K_{m040} = 1,98/2,68 = 0,74$$

Визначимо трудомісткість операцій у зоні обслуговування:

$$t = \frac{t_j \cdot t_{\text{доп}}}{\sum t_{\text{доп}}}, \quad (3.11)$$

$$t_{025} = \frac{2,32 \cdot 0,51}{0,51} = 2,32$$

$$t_{040} = \frac{2,68 \cdot 0,56}{0,56} = 2,68$$

Будуємо циклограму багатостанкового обслуговування (рис.3.2)

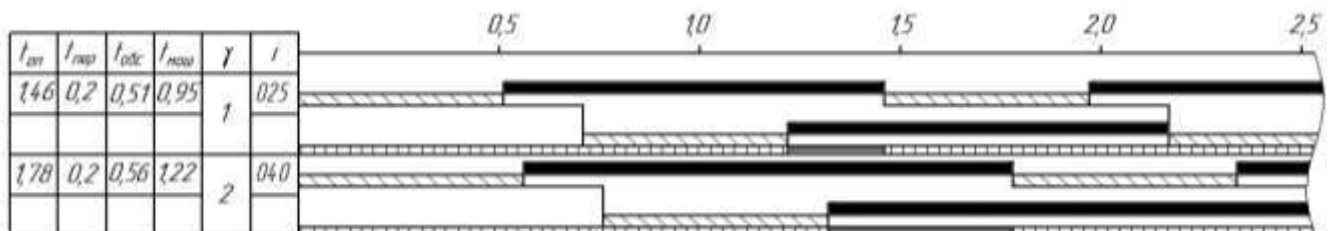


Рисунок 3.2 – Циклограма багатостанкового обслуговування

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТРОЇВ

В умовах впровадження інноваційних процесів на підприємстві часто виникає питання забезпечення технологічних операцій різними видами пристосувань. Сучасні методи і засоби технологічної підготовки виробництва передбачають комплексне використання прогресивних технічних і організаційних рішень з метою забезпечення в мінімальні терміни і при мінімальних трудових витратах повну готовність виробництва до випуску виробів заданої якості. Вони передбачають комплексне взаємозалежне вирішення основних завдань підготовки виробництва послідовно, від проектування конструкцій виробів і обробки їх на технологічність до освоєння серійного виробництва, [17].

Одним з етапів підготовки виробництва є забезпечення технологічних операцій необхідним оснащенням. На кожному кроці підготовки виробництва необхідна оснастка різного рівня механізації з відповідними вимогами до жорсткості, точності і ін, [17].

Використання складних спеціальних пристосувань підвищує продуктивність праці, але при невеликому річному випуску деталей такі пристосування можуть виявитись економічно недоцільними: від їх використання собівартість операції не знижується, а навпаки, підвищується, [17].

Розрахунок економічної ефективності використання пристосувань має за основу порівняння затрат та економії, які виникають при його використанні відносно річного періоду. Затрати включають в себе амортизацію пристосувань та витрати на його утримання та експлуатацію. Економія досягається за рахунок зниження трудомісткості виготовлення деталей, [17].

Пристосування вважається рентабельним, якщо річна економія, отримана від його застосування, більше пов'язаних з ним річних витрат, [17].

Собівартість C_a використання нового (модернізованого) пристосування розраховують за формулою:

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

Собівартість використання C_b при використанні старого пристрою розраховують за формулою:

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

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

H – цехові накладні витрати у % до заробітної плати, $H = 200\%$;

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

Π – річна програма випуску деталей, шт, $\Pi = 5000$ шт. (визначено у п.1.2);

A – строк амортизації пристосування в роках; Приймаємо за [17, стр.28] для простих пристроїв $A = 1$ рік; для пристроїв середньої складності $A = 3$ роки.

q – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) у % від їх вартості, $q = 20\%$.

У початковий період проектування, коли визначена лише принципова схема нового пристосування, точно визначити його вартість неможливо. У цьому випадку застосовуємо наближений спосіб розрахунку за формулою:

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

де S – витрати на виготовлення пристосування, грн.

N – кількість деталей в пристосуванні, шт;

C_{Π} – затрати на одну деталь пристосування, грн. Приймаємо за [17, стр.28] для пристроїв середньої складності $C_{\Pi} = 150$ грн., та для простих $C_{\Pi} = 75$ грн

$$S_a = 150 \cdot 6 = 900 \text{ грн}$$

$$S_b = 75 \cdot 6 = 450 \text{ грн}$$

$$q_a = 0,2 \cdot 900 = 180 \text{ грн}$$

$$q_b = 0,2 \cdot 450 = 90 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

$$З = t_{\text{шт}} \cdot З_{\text{хв}} \quad (4.4)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час;

$З_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника, грн. Приймаємо за [17, стр.32, додаток А]
 $З_{\text{хв}} = 0,96$ грн. для робітника 4-го розряду, $З_{\text{хв}} = 1,085$ грн. для робітника 5-го розряду.

$$З_a = 1,33 \cdot 0,96 = 1,28 \text{ грн}$$

$$З_b = 1,80 \cdot 1,085 = 1,95 \text{ грн.}$$

Тоді за формулами (4.1), (4.2) відповідно:

$$C_a = 1,28 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{900}{5000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{180}{100}\right) = 4,224 \text{ грн}$$

$$C_b = 1,95 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{450}{5000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{90}{100}\right) = 6,021 \text{ грн}$$

Собівартість залежить в основному від річної програми випуску деталей. Програма випуску $П_k$ - програма при якій обидва порівнюваних варіанти пристосувань економічно рівноцінні. Програма випуску визначається за формулою:

$$П_k = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(З_b - З_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.5)$$

$$P_k = \frac{(900 - 450) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{180}{100}\right)}{(1,95 - 1,28) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} = \frac{1260}{2,01} \approx 627 \text{ шт.}$$

Так як задана річна програма $P > P_k$, та $C_a < C_b$, то більш вигідно застосовувати складне пристосування з пневмоприводом (п.2.1).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При виконанні механічних робіт у цеху виникають такі небезпеки: рухомі частини виробничого обладнання (шпинделі верстатів, оправки з інструментом, столи верстатів), вироби, що пересуваються, і заготовки; стружка матеріалу, що обробляється; уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваної деталі та інструментів; підвищена напруга в електроланцюзі, при якому може статися замикання через тіло людини – відносяться до категорії небезпечних фізичних факторів.

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці повинні відповідати вимогам ДБН 3.3.5-8.6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничої середовища, тяжкості та напруженості трудового процесу».

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики, [18].

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, спричинених дією електричного струму, є незначною і становить близько 1 %. Однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм становить 20-40% і посідає одне з перших місць. Щороку в Україні від електричного струму гине приблизно 1500 осіб. Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі зі смертельними наслідками, стається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх поширенням і відносною доступністю практично для кожного, хто працює на виробництві. Випадки електротравматизму під час експлуатації електроустановок напругою понад 1000 В нечасті, що зумовлено незначним поширенням таких електроустановок і обслуговуванням їх висококваліфікованим персоналом, [18].

Основними причинами електротравматизму на виробництві є:

- випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування;

- використання несправних ручних електроінструментів;
- застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В; - робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань; - доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробією ізоляції;
- недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів тощо.

Електротравма - це травма, яка спричинена дією електричного струму чи електричної дуги. За наслідками електротравми умовно поділяють на два види: місцеві електротравми, коли виникає локальне ушкодження організму, та загальні електротравми (електричні удари), коли уражається весь організм унаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів і систем. Приблизний розподіл електротравм за їх видами має такий вигляд: місцеві електротравми - 20 %; електричні удари - 25 %; змішані травми (сукупність місцевих електротравм та електричних ударів) - 55 %, [18].

Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту людей від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг дотику та струмів, що проходять через тіло людини, [18].

Напруга дотику (доторкання) це напруга між двома точками електричного кола, до яких одночасно доторкається людина. Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху "рука - рука" чи "рука - ноги" регламентуються ГОСТом 12.1.038-82 (табл. 3.7 та 3.8) , [18].

У разі виконання роботи в умовах високої температури (понад 25 °C) і відносної вологості повітря (понад 75 %) значення табл. 3.8 необхідно зменшити у три рази, [18].

Аварійний режим електроустановки означає, що вона має певні пошкодження, які можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій. Як

видно із табл. 3.7, значення I от та I_a істотно залежать від тривалості дії струму, [18].

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії понад 1 с нижчі за пороговий невідпускаючий струм, тому за таких значень людина, доторкнувшись до струмовідних частин установки, здатна ще самотійно звільнитися від дії електричного струму, [18].

Організаційні та технічні заходи електробезпеки.

До роботи на електроустановках допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж та навчання з безпечних методів праці, перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують та кваліфікаційної групи з електробезпеки, і які не мають протипоказань, визначених Міністерством охорони здоров'я України, [18].

З метою профілактики професійних захворювань, нещасних випадків та забезпечення безпеки праці працівники, що обслуговують діючі електроустановки, в обов'язковому порядку проходять попередній (при прийнятті на роботу) та періодичні (термін обумовлений професією та характеристикою роботи) медичні огляди, [18].

Роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються: за нарядом-допуском; за розпорядженням; у порядку поточної експлуатації, [18].

Безпека робіт у діючих електроустановках досягається наступними організаційними заходами:

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- оформлення нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до роботи, нагляд під час виконання робіт;

- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

Робота в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяється на три категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них;
- без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою.

До технічних заходів, які необхідно виконувати в діючих електроустановках для забезпечення безпеки робіт належать:

1. При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках:

- вимкнення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;
- механічне блокування приводів апаратів, які здійснюють вимкнення, зняття запобіжників, від'єднання кінців лінії, що забезпечує електропостачання, та інші заходи, що унеможливають випадкову подачу напруги до місця проведення робіт;
- вивішування заборонних плакатів на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірка відсутності напруги на струмовідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановлення заземлення (увімкнення заземлюваних ножів; встановлення переносних заземлень);
- огороження робочих місць або струмовідних частин, що залишаються під напругою, і вивішування на огороженнях плакатів безпеки;

2. При проведенні робіт без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них - виконання робіт за нарядом не менш ніж двома працівниками із застосуванням електрозахисних засобів, під постійним наглядом, із забезпеченням безпечного розташування працівників, використовуваних механізмів та пристосувань;

3. При проведенні робіт без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою, є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмовідних частин на відстань, меншу від допустимої, тому передбачати технічні та організаційні заходи для запобігання такому наближенню не потрібно, [18].

Після припинення дії електричного струму на людину необхідно викликати лікаря, а до його прибуття надати потерпілому необхідну допомогу, [18].

ВИСНОВКИ

Мета роботи дипломного проєкту – проєктування технологічного процесу виготовлення деталі «втулка».

Під час виконання дипломного проєкту було визначено метод отримання заготовки, а саме штампування на КГШП, та економічно обґрунтовано. Було розроблено план обробки деталі, розраховані припуски, визначено операційні розміри по переходам. На операції визначено режими різання та нормування.

Для фрезерування шпонкового пазу та свердління отворів було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю радіального биття спроектовано контрольне пристосування.

У економічному розділі було розглянуто економічну ефективність від впровадження пневматичного пристосування по зрівнянню з ручним.

На технологічний процес виготовлення деталі «Втулка» було розроблено комплект технологічних карт.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електронний ресурс: <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-45/>;
2. Електронний ресурс: <https://metal-holding.ua/ua/blog/zacem-nuzna-i-kak-provoditsa-zakalka-stali>;
3. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. Уч., «Металлургия», 1978, 392с.;
4. Методичні вказівки до дипломного проєктування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яцекно, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін з техно-логічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 8.090101 Прикладне матеріалознавство; 8.090202 Технологія машинобудування; 8.090203 Металорізальні верстати та системи; 7.090260 Технологія будування авіаційних двигунів, денної форми навчання / Укл. В.М. Плєскач, І.В. Акімов – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.- 652 с.
8. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
9. 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.

10. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: учеб. Пособие [для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент»]/Н.А.Нефедов, К.А.Осипов. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.:Машиностроение, 1990. – 448с.

11. Електронний ресурс: <https://vitcompany.com.ua/stanki/stanki-frezernye-s-chpu/gorizontalno-frezernye-stanki/gorizontalno-frezernyy-standok-s-chpu-haas-hs-1-id16730.html>

12. Електронний ресурс: www.iscar.com

13. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том II. Техническое нормирование станочных работ. Под редакцией Е.И.Стружестраха. – Москва, 1961. – 890с.

14. В.А. Богуслаєв, В.А. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» - Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 461 с.

15. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М. : Машиностроение, 1975. – 447 с.

16. В.А. Богуслаєв, В.А. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» - Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 461 с.

17. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с.

18. Електронний ресурс:<http://www.ztec.com.ua/ztec/elib/%D0%9E%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%2017%20%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf>

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A2			НУЗП 293226.023	Документация		
					Складальне креслення		
					Сборочные единицы		
		1			Пневмоциліндр		
					1011-63x0034-УХЛ4		
					ГОСТ 15608-81	1	
					Детали		
Подп. и дата			2		Плита	1	
			3		Корпус	1	
			4		Оправка	1	
			5		Втулка	1	
			6		Центратор	1	
					Стандартные изделия		
			7		Болт М6х35		
					ГОСТ 50793-95	6	
Взам. инв. №			8		Болт М8х20		
					ГОСТ 7796-70	4	
			9		Гайка М8		
					ГОСТ 4161-2015	1	
			10		Гайка М6		
Подп. и дата					ГОСТ 4035-2015	12	
Инв. № подл.							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 293226.023	
	Разраб.	Ермак О.М.				Приспособування для фрезерування пазу Складальне креслення	
	Пров.	Козлова О.Б.					
	Н.контр.	Дядя С.І.					
Утв.	Дядя С.І.				Лит.	Лист	Листов
						1	2
					НУ "Запорізька політехніка" гр.Мз-111сп		

ДОДАТОК Б

Специфікація контрольного пристосування

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1			НУЗП 402833.023	Складальне креслення		
					Документація		
					Детали		
			1		Плита	1	
			2		Стійка	1	
			3		Ричаг	1	
			4		Ролик	1	
			5		Важіль	1	
					Стандартные изделия		
			6		Гвинт М10х45		
					ГОСТ 1491-80	2	
Подп. и дата			7		Гвинт М10х30		
					ГОСТ 1491-80	2	
			8		Индикатор 1МГ		
					ГОСТ 9696-82	1	
			9		Колодка напрямна		
					7033-0126		
					ГОСТ 12198-66	1	
			10		Ніжка 7034-0177		
					ГОСТ 12205-66	4	
			11		Призма 7033-0036		
					ГОСТ 12195-66	1	
Инв. № подл.				НУЗП 402833.023			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Ермак О.М.				Лит.	Лист
	Пров.	Козлова О.Б.					1
	Н.контр.	Дядя С.І.				Листов	
Утв.	Дядя С.І.				2		
					Пристосування для контролю биття	НУ "Запорізька політехніка"	
					Складальне креслення	гр.Мз-111сп	

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

[illegible]

ДОДАТОК В
Керуюча програма

TOOL PATH/FLOOR_WALL,TOOL,COUNTERBORING_TOOL
TLDATA/MILL,6.0000,1.0000,75.0000,0.0000,0.0000
MSYS/61.0000,0.0000,19.0000,1.0000000,0.0000000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000
\$\$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
LOAD/TOOL,1,ZOFF,22.0000,ADJUST,1
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/-24.0718,0.0000,28.5000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-24.0718,0.0000,6.0000
PAINT/COLOR,42
FEDRAT/MMPM,250.0000
GOTO/-39.0000,0.0000,2.0000
PAINT/COLOR,31
GOTO/0.0000,0.0000,2.0000
PAINT/COLOR,37
GOTO/0.0000,0.0000,5.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/0.0000,0.0000,28.5000
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/-24.0718,0.0000,28.5000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-24.0718,0.0000,5.0000
PAINT/COLOR,42
GOTO/-39.0000,0.0000,1.0000
PAINT/COLOR,31
GOTO/0.0000,0.0000,1.0000
PAINT/COLOR,37

GOTO/0.0000,0.0000,4.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/0.0000,0.0000,28.5000
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/-24.0718,0.0000,28.5000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-24.0718,0.0000,4.0000
PAINT/COLOR,42
GOTO/-39.0000,0.0000,0.0000
PAINT/COLOR,31
GOTO/0.0000,0.0000,0.0000
PAINT/COLOR,37
GOTO/0.0000,0.0000,3.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/0.0000,0.0000,28.5000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/DRILLING,TOOL,DRILLING_TOOL
TLDATA/DRILL,MILL,4.0000,0.0000,50.0000,118.0000,35.0000
MSYS/51.0000,0.0000,19.0000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000
\$\$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
LOAD/TOOL,ZOFF,22.0000
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/0.0000,0.0000,9.5000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
CYCLE/DRILL,RAPTO,2.5000,FEDTO,-7.3357,RTRCTO,AUTO,MMPM,250.0000
PAINT/COLOR,31

GOTO/0.0000,0.0000,-0.5000

GOTO/19.0000,0.0000,-0.5000

CYCLE/OFF

PAINT/SPEED,10

PAINT/TOOL,NOMORE

END-OF-PATH

ДОДАТОК Г
Технологічні карти

Лист 1

МЗ-111сп.1014.1023

Втулка

[illegible]

Дубл.			
Зам.			
Ориг.			

Форма 170-162

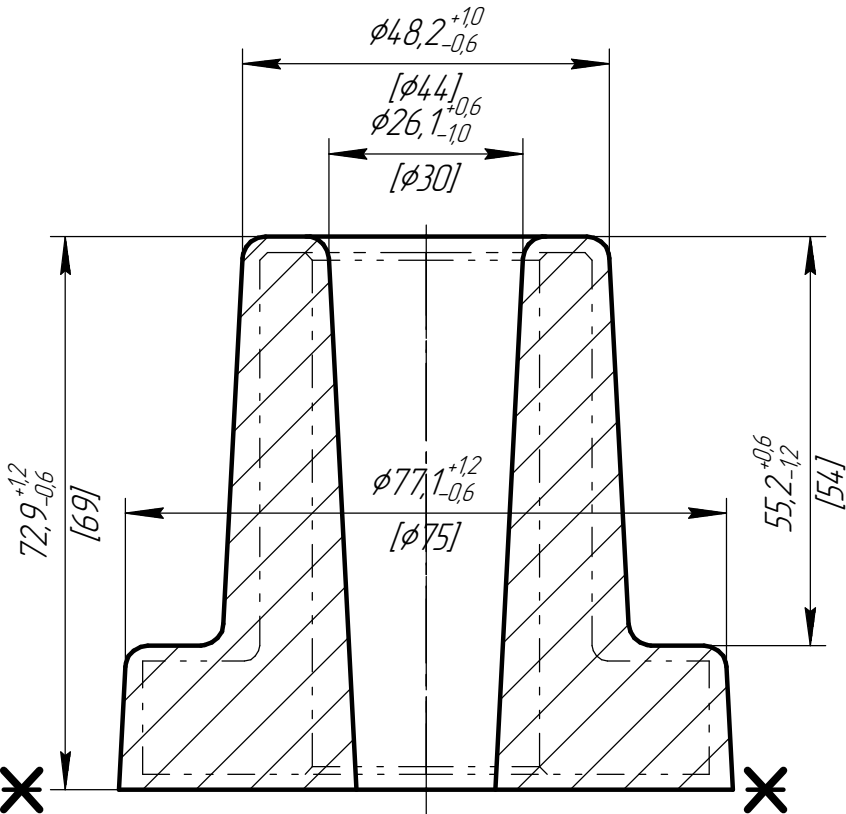
					Цех изгот	Опер. 005	НУЗП 0214.1023	Листов 1	Лист
Разраб	Ермак О.М.			НУЗП	НУЗП 714524.023		Мз-111сп.1014.1023		
Проверил	Козлова О.Б.								
Н.контр.	Дядя С.И.			Втулка					

✓ Ra 50

Технические условия на заготовку

Материал		Заготовка		
Наименование и марка	код	код и вид	Профиль и размеры	
Сталь 45 ГОСТ 1050-88		Штамповка ГОСТ 7505-89	φ77,1x72,9	
Технические условия		Маркировка	Твердость	Масса детали
			HB = 241 МПа	0,771
Сортамент		Допустимая кривизна		Ким
		0,5 % довшини		0,57
Размер исходного материала (размер листа, прутка)	Кол. дет. из заготовки	Норма вытрат		
		размер листа, прутка	Масса	
φ80x80	1		1,363	

1. Заготівка – штамповка. Група контролю ІІІ по ОСТ 1 90074-72.
2. Невказані радіуси округлень R3
3. Невказані штампувальні нахили 3°
4. Зміщення штампів не більше 0,4 мм



Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.023

1

1

Разрад. Ермак О.М.

НУЗП

НУЗП 714524.023

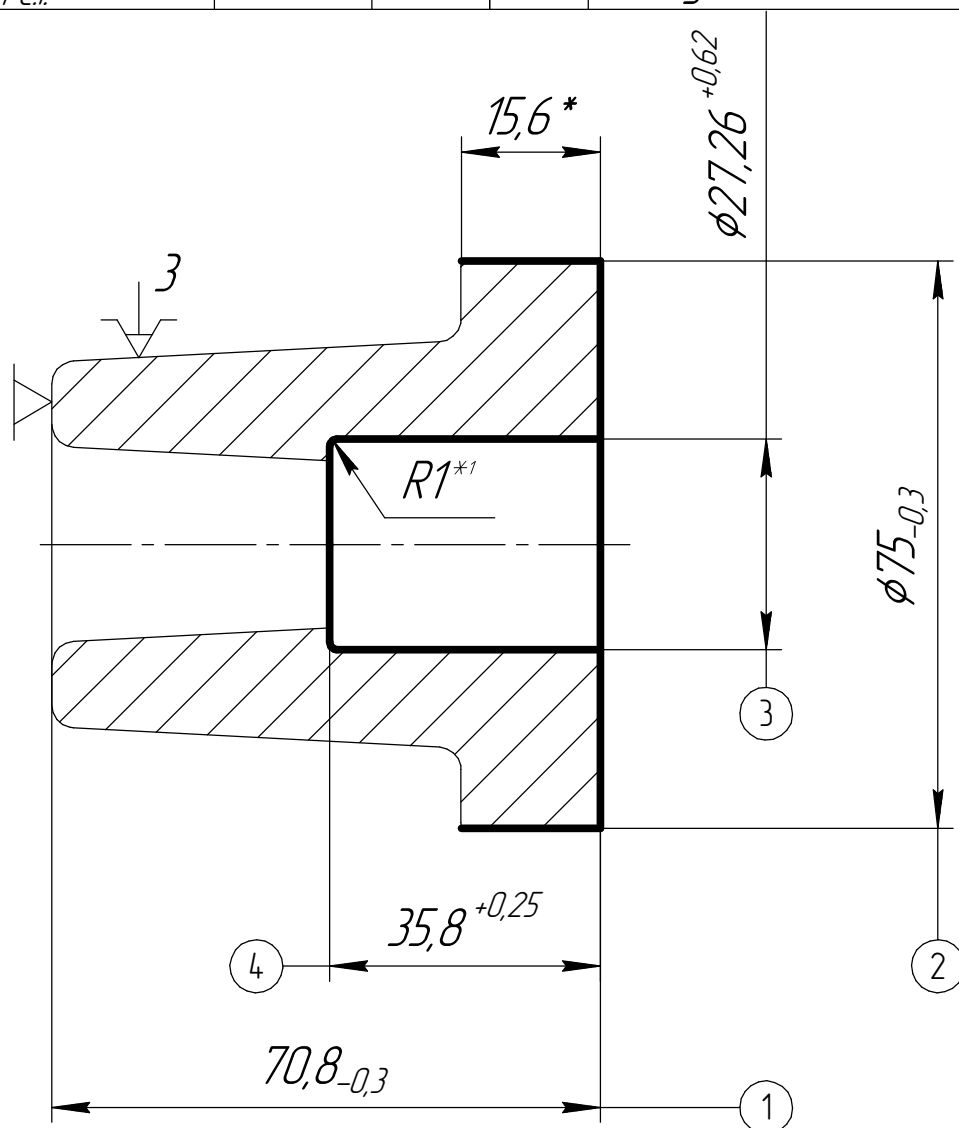
Мз-111сп.2014.1.023

Провер. Козлова О.Б.

Н. контр. Дядя С.І.

Втулка

015

 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

* – Розміри для довідок

КЭ

										ГОСТ 3.1404-86		Форма 3	
Дудл.													
Взам.													
Подп.													
										НУЗП 0214.1023		2	1
Разрад.	Ермак О.М.			НУЗП		НУЗП 714524.023			Мз-111сп.2014.1023				
Провер.	Козлова О.Б.												
Н. контр.	Дядя С.І.			Втулка					015				
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Токарна				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		HB = 197 МПа		166	0,771	ø77,1×72,9		1,363	1
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы		То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ			
Токарний 16K20				-		0,45	0,41	25	0,95	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75			
Р				ПИ	D или B		L		f	l	s	n	v
0 01	1. Встановити та закріпити деталь												t _{yc} =0,15
Т 02	ПР Патрон трьохкулачковий ГОСТ 2675-80												
03													
0 04	2. Підрізати торець, витримуючи розмір 1												
Т 05	ВИ Державка для різців												
06	РИ Резець прохідний 2102-0197 ГОСТ 21151-75												
07	СИ Шаблон 70,5 спеціальний; Глубиномір ГМ 150 ГОСТ 74 70-92												
Р 08				01	77,1		30,6		2,1	1	0,6	250	60,5
09													
0 10	3. Точити поверхню, витримуючи розмір 2												
Т 11	ВИ Державка для різців												
12	РИ Резець прохідний 2102-0197 ГОСТ 21151-75												
13	СИ Калибр-скоба 8113-0151 ГОСТ 18360-93;												
OK													

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.023

1

1

Разрад. Ермак О.М.

НУЗП

НУЗП 714524.023

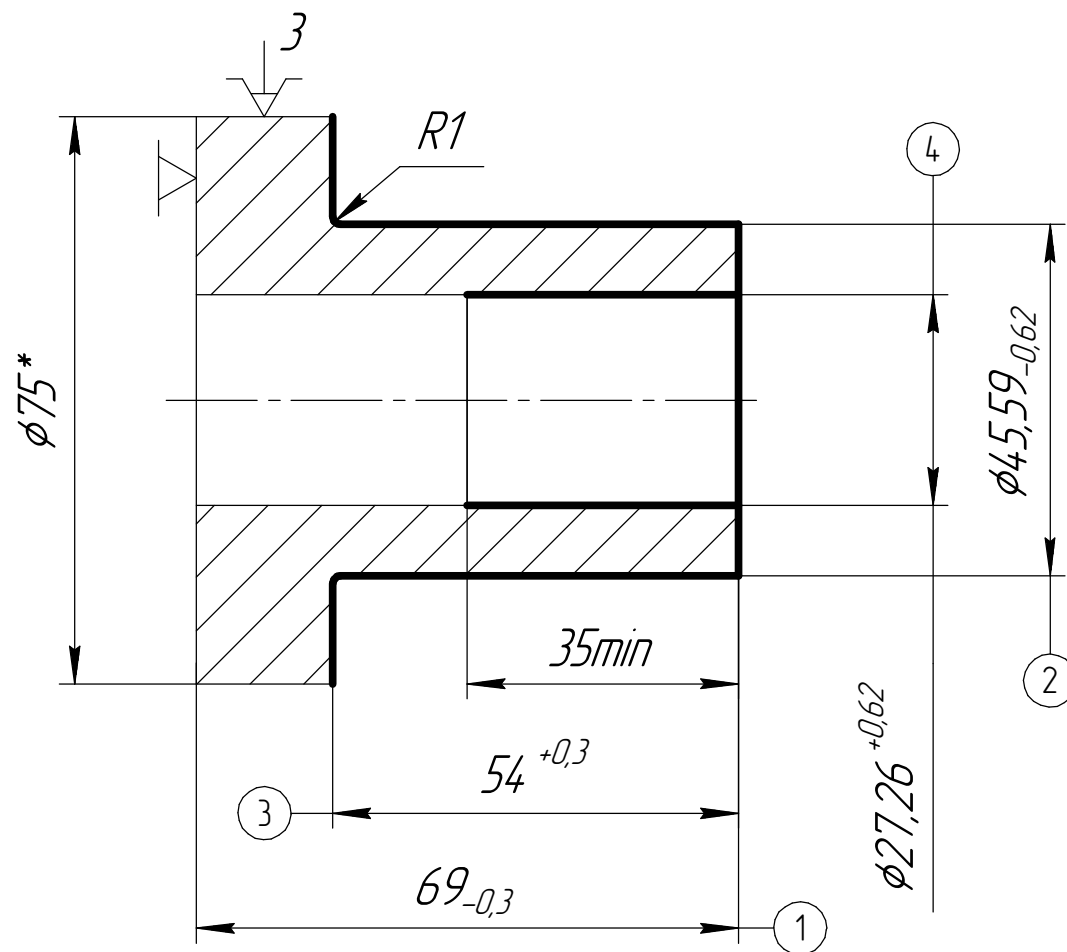
Мз-111сп.2014.1.023

Провер. Козлова О.Б.

Н. контр. Дядя С.І.

Втулка

020

 $\sqrt{Ra\ 12,5}$ 

* – Розміри для довідок

										ГОСТ 31404-86		Форма 2а			
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
											НУЗП 0214.1.023		2		
											НУЗП 714524.023		Мз-111сп.2014.1.023	020	
Р								ПН	Д или В	L	t	l	s	n	v
Р 01								02	75	20,65	1,05	1	0,6	250	58,9
02															
О 03	4. Розточити поверхню, витримуючи розмір 4														
Т 04	ВИ Державка для різців														
05	РИ Резець розточний 2141-0005 ГОСТ 18883-73														
06	СИ Шаблон Ø27,26 спеціальний;														
Р 07								03	27,26	39,38	0,58	1	0,6	630	53,9
08															
О 09	5. Зняти деталь														t _{CH} =0,1
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
OK															

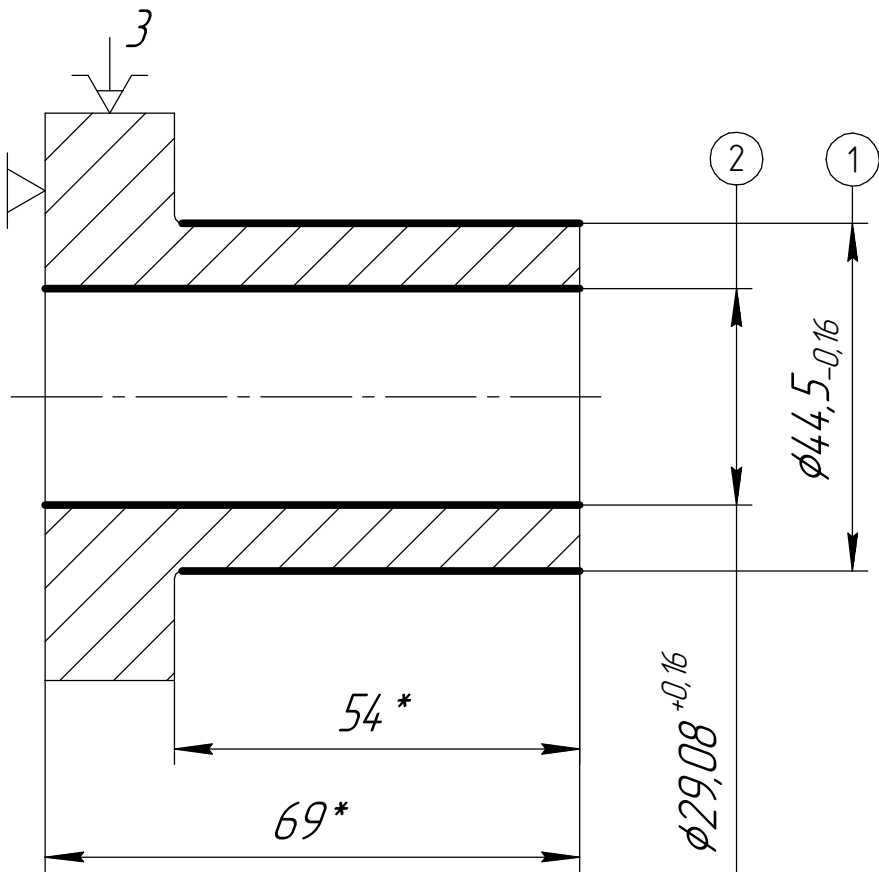
Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

						НУЗП 0214.1023	1	1
Разрад.	Ермак О.М.			НУЗП	НУЗП 714524.023	Мз-111сп.2014.1023		
Провер.	Козлова О.Б.							
Н. контр.	Дядя С.І.			Втулка				025

▽ Ra 3,2



* – Розміри для довідок

КЭ			
----	--	--	--

										ГОСТ 3.1404-86		Форма 3		
Дудл.														
Взам.														
Подп.														
										НУЗП 0214.1023		2	1	
Разрад.	Ермак О.М.			НУЗП		НУЗП 714524.023						Мз-111сп.2014.1023		
Провер.	Козлова О.Б.													
Н. контр.	Дядя С.І.			Втулка								025		
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Токарна з ЧПК				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		HB = 197 МПа		166	0,771	ø77,1×72,9			1,363	1
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы		Т _о	Т _в	Т _{п.з.}	Т _{шт.}	СОЖ				
Токарний з ЧПК HAAS ST20				-		0,95	0,51	28	1,62	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75				
Р				ПИ	D или B		L	f	l	s	n	v		
0 01	1. Встановити та закріпити деталь												t _{yc} =0,15	
Т 02	ПР Патрон трьохкулачковий ГОСТ 2675-80													
03														
0 04	2. Точити поверхню, витримуючи розмір 1, за програмою													
Т 05	ВИ Блок інструментальний													
06	РИ Резець прохідний 2102-0197 ГОСТ 21151-75													
07	СИ Шаблон ø44,5													
Р 08				01	44,5	59	0,545	1	0,3	400	55,9			
09														
0 10	3. Розточити поверхню, витримуючи розмір 2, за програмою													
Т 11	ВИ Блок інструментальний													
12	РИ Резець розточний 2141-0005 ГОСТ 18883-73													
13	СИ Шаблон ø29,08 спеціальний;													
OK														

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1023

1

1

Разрад.	Ермак О.М.		
Провер.	Козлова О.Б.		
Н. контр.	Дядя С.І.		

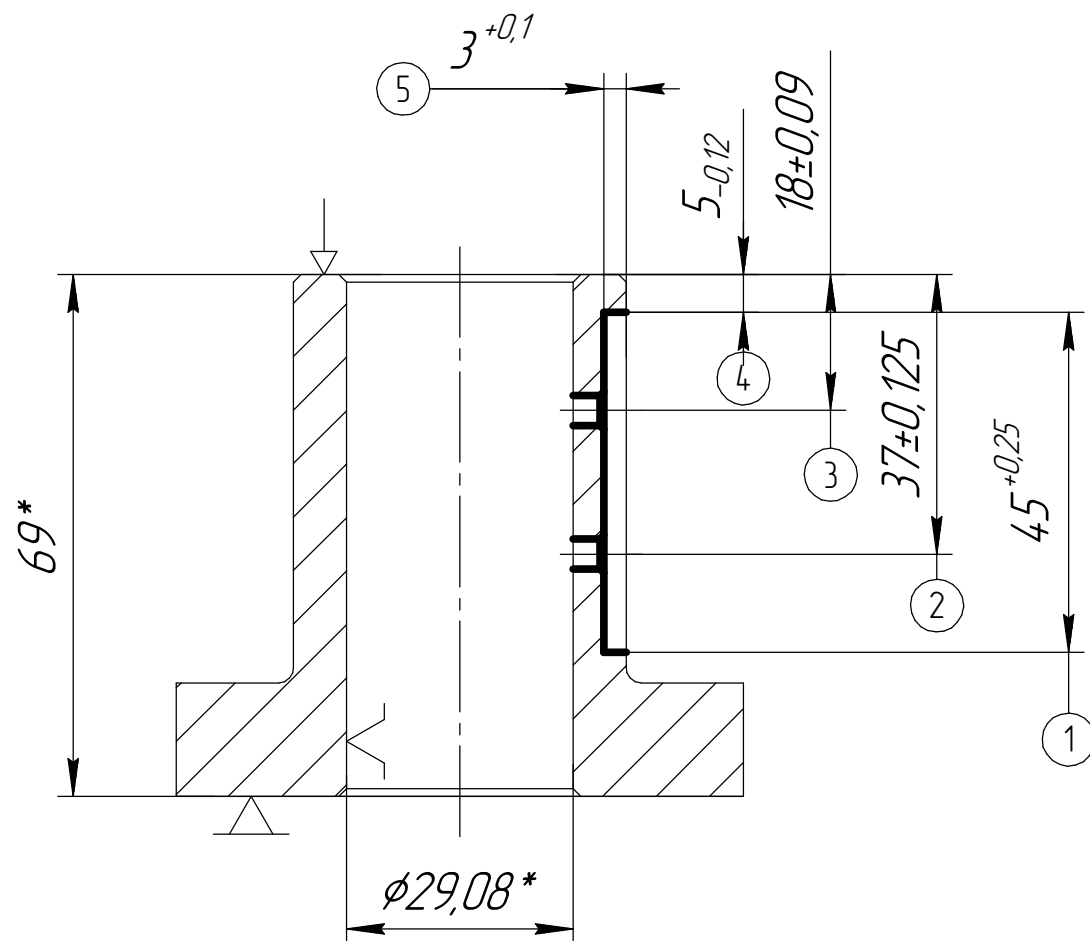
НУЗП

НУЗП 714524.023

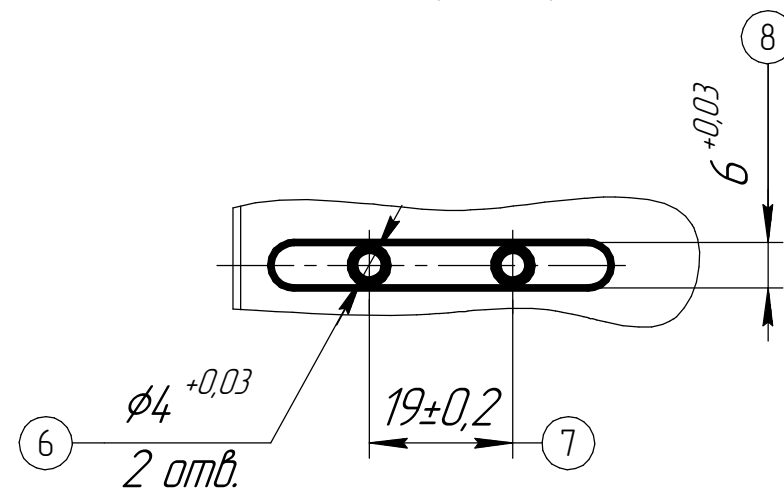
Мз-111сп.2014.1023

Втулка

030

 $\sqrt{Ra\ 6,3}$ 

A



* - Розміри для довідок

КЭ

										ГОСТ 31404-86		Форма 3		
Дудл.														
Взам.														
Подп.														
										НУЗП 0214.1023		2	1	
Разрад.	Ермак О.М.			НУЗП		НУЗП 714524.023						Мз-111сп.2014.1023		
Провер.	Козлова О.Б.													
Н. контр.	Дядя С.І.			Втулка								030		
Наименование операции				Материал		Твердость		EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД
Фрезерна з ЧПК				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		HB = 197 МПа		166	0,771	ø77,1x72,9			1,363	1
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы		T _o	T _b	T _{п.з.}	T _{шт.}	СОЖ				
Фрезерна з ЧПК HAAS HS-1				-		0,632	0,58	26	1,33	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75				
P				ПИ	D или B		L	f	l	s	n	v		
0 01	1. Встановити та закріпити деталь											t _{yc} =0,15		
T 02	ПР Пристосування спеціальне													
03														
0 04	2. Фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри 1, 5, 8, за програмою													
T 05	ВИ Патрон DIN69871 40 SRKIN 6x80 CX													
06	РИ Фреза кінцева ECO60A16-4CO6													
07	СИ Шаблон 5 спеціальний; Шаблон 45 спеціальний; Шаблон 6 спеціальний; Глубиномір ГМ150 ГОСТ 74 70-92													
P 08				01	6	45	1,0	1	Sz=0,05;Sxb=250	1500	28,3			
09														
0 10	3. Свердлити 2 отвора, витримуючи розміри 3, 2, 6, 7, за програмою													
T 11	ВИ Патрон DIN69871 40 SRKIN 6x80 CX													
12	РИ Свердло SCD 040-017-060 AP3N													
13	СИ Шаблон 18 спеціальний; Шаблон 37 спеціальний; Шаблон 19 спеціальний; Калібр-продка 8133-0906 ГОСТ 14810-69													
OK														

1001 31404-00				Формула за

											НУЗП 0214.1.023			2				
											НУЗП 714524.023			Мз-111сп.2014.1.023		030		
Р									ПИ	D или B		L	t	l	s	n	v	
Р 01									02	4		11	2	2	0,12	2000	25,12	
02																		
0 03		4. Зняти деталь															t _{CH} =0,1	
04																		
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
OK																		

										ГОСТ 31404-86		Форма 3		
Дудл.														
Взам.														
Подп.														
										НУЗП 0214.1023		2	1	
Разрад.	Ермак О.М.			НУЗП		НУЗП 714524.023						Мз-111сп.2014.1023		
Провер.	Козлова О.Б.													
Н. контр.	Дядя С.І.			Втулка								040		
Наименование операции				Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Токарна з ЧПК				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		НВ = 197 МПа		166	0,771	ø77,1×72,9			1,363	1
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы		Т _о	Т _в	Т _{п.з.}	Т _{шт.}	СОЖ				
Токарний з ЧПК HAAS ST20				-		1,22	0,56	28	1,98	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75				
Р				ПИ	D или B		L		f	l	s	n	v	
0 01	1. Встановити та закріпити деталь												t _{yc} =0,15	
Т 02	ПР Пристосування спеціальне													
03														
0 04	2. Точити поверхню, витримуючи розмір 1, за програмою													
Т 05	ВИ Блок інструментальний													
06	РИ Резець прохідний 2102-0197 ГОСТ 21151-75													
07	СИ Шаблон ø44,14													
Р 08				01	44,14		54		0,18	1	0,25	360	49,9	
09														
0 10	3. Розточити поверхню, витримуючи розмір 2, за програмою													
Т 11	ВИ Блок інструментальний													
12	РИ Резець розточний 2141-0005 ГОСТ 18883-73													
13	СИ Шаблон ø29,74 спеціальний;													
ОК														

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1023

1

1

Разрад. Ермак О.М.

НУЗП

НУЗП 714524.023

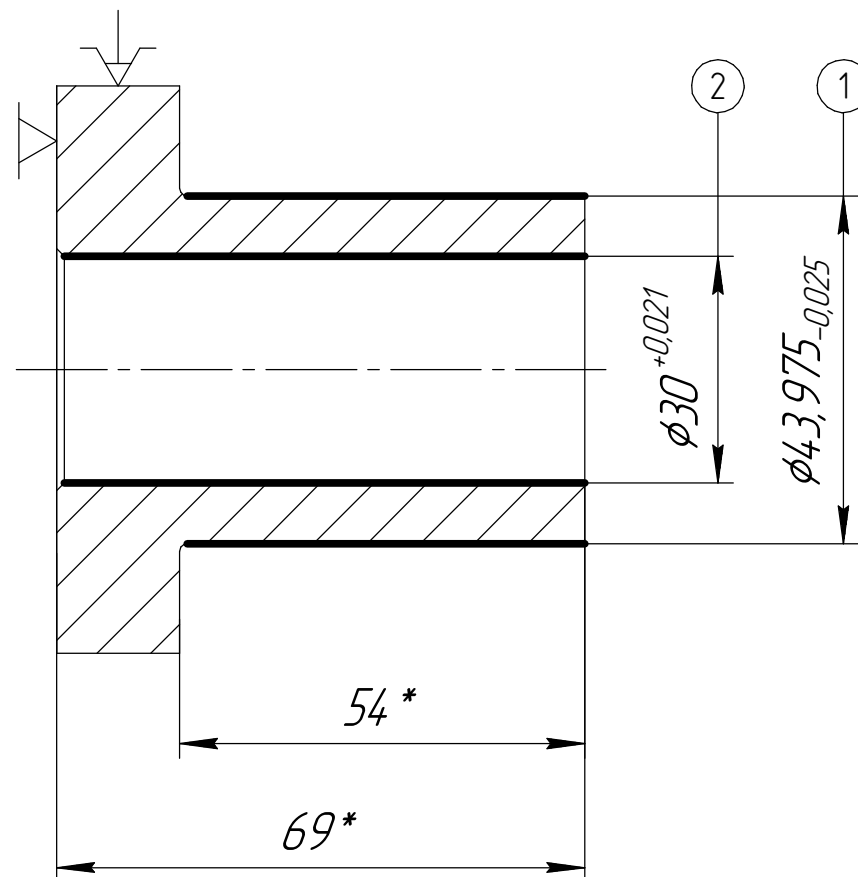
Мз-111сп.2014.1023

Провер. Козлова О.Б.

Н. контр. Дядя С.І.

Втулка

060

 $\sqrt{Ra\ 0,8}$ 

* – Розміри для довідок

										ГОСТ 3.1404-86		Форма 3		
Дудл.														
Взам.														
Подп.														
										НУЗП 0214.1023		2	1	
Разрад.	Ермак О.М.			НУЗП		НУЗП 714524.023				Мз-111сп.2014.1023				
Провер.	Козлова О.Б.													
Н. контр.	Дядя С.І.			Втулка								060		
Наименование операции				Материал		Твердость		EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД
Шліфувальна з ЧПК				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		28...32HRC		166	0,771	ø77,1x72,9			1,363	1
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы		То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ				
Шліфувальна з ЧПК Studer S20-4				-		0.51	0.48	22.3	1.13	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75				
P				ПИ	D или B		L	f	l	s	n	v		
0 01	1. Встановити та закріпити деталь												t _{yc} =0,15	
T 02	ПР Пристосування спеціальне													
03														
0 04	2. Шліфувати поверхню, витримуючи розмір 1, за програмою													
T 05	ВИ Блок інструментальний													
06	РИ Круг шліфувальний 1-300x63x127 24A40C1K 35 м/хв ГОСТ 2424-83													
07	СИ Шаблон ø43,975 спеціальний;													
P 08				01	43,975		54	0,002	83	2,5	2200/250	35		
09														
0 10	3. Шліфувати поверхню, витримуючи розмір 2, за програмою													
T 11	ВИ Блок інструментальний													
12	РИ Круг шліфувальний 1- 25x40x8 24A40C1K 35 м/хв ГОСТ 2424-83													
13	СИ Шаблон ø30 спеціальний;													
OK														

1001 31404-00				Формула за

											НУЗП 0214.1023			2			
											НУЗП 714524.023			Мз-111сп.2014.1023		060	
Р									ПИ	Д или В	L	t	l	s	n	v	
Р 01									02	30	69	0,002	65	2,5	9000/370	12	
02																	
0 03		4. Зняти деталь														t _{CH} =0,1	
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
OK																	