

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему _____ Розроблення технологічного процесу виготовлення _____

(назва теми)

_____ деталі типу «Фланець» _____

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи M-112

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

_____ «Технології машинобудування» _____

_____ ДЗЮБА Д.В. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____ ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____ МАТЮХІН А.Ю. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2026 р. _____

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 ДЯДЯ С.І.

«_____» _____ 20__ року

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

ДЗЮБИ Денису Васильовичу

1. Тема проєкту (роботи) «Розроблення технологічного процесу виготовлення
деталі типу «Фланець»»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент, ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Євген Валерійович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 12 » травня 2026 року № 233

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі «Фланець»,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз деталі на технологічність, проєктування заготовки, розробка маршруту виготовлення деталі, розрахунок припусків та міжопераційних розмірів та розмірів заготовки, розрахунок режимів різання та нормування, проєктування робочого пристосування, розробка контрольного пристосування, розрахунок економічної ефективності пристосування, розробка технологічних карт

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

креслення деталі «Фланець», креслення заготовки, плакат 3D-моделі деталі та заготовок, маршрут виготовлення деталі, плакат послідовності підготовки КП, креслення робочого пристосування, плакат дослідження деталі на міцність

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
Нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. кафедри		

7. Дата видачі завдання « 18 » 05 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Опис конструкції і службового призначення деталі, вибір типу виробництва і форми організації робіт. Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням. Проєктування технологічного маршруту виготовлення деталі.	18.05-24.05	
2	Розрахунок припусків і технологічних розмірів. Розрахунок режимів різання. Технічне нормування операцій, розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.	25.05-31.05	
3	Проєктування робочого пристосування. Проєктування контрольного пристосування.	01.06-07.06	
4	Розробка планування ділянки. Оцінка очікуваної економічної ефективності. Охорона праці.	08.06-11.06	
5	Розробка технологічних карт	11.06-14.06	
6	Оформлення ПЗ, креслень	14.06-18.06	

Студент(ка)

_____ Денис ДЗЮБА
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 109 с., 9 табл., 20 рис., 3 дод., 19 джерел.

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

Об'єкт дослідження – фланець.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення фланця.

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

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

У організаційній частині виконано розрахунок кількості технологічного обладнання та робітників на ділянці, 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	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	17
1.4.1 Вибір технологічних баз	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	22
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	26
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	26
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	30
1.6 Розрахунок режимів різання	38
1.6.1 Операція 015 - Токарна	38
1.6.2 Операція 070 – Горизонтально-свердлильна з ЧПК	42
1.6.3 Операція 050 – Токарна з ЧПК	46
1.7 Технічне нормування операцій	50
1.7.1 Операція 015 - Токарна	50
1.7.2 Операція 040 – Вертикально-свердлильна з ЧПК	51
1.7.3 Операція 050 – Вертикально-фрезерна з ЧПК	52
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	55
2 Конструкторська частина	59
2.1 Проектування робочого пристосування	59

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	60
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	61
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	64
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	66
2.3 Розрахунок на міцність	68
3 Організаційна частина	70
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	70
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	72
4 Економічна ефективність пристроїв	76
5 Охорона праці	80
Висновки	84
Перелік джерел посилання	85
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	87
Додаток Б. Керуюча програма	90
Додаток В. Технологічні карти	92

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 «Фланець» 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.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Фланець» входить у вузол редуктора двигуна, з'єднується з валом опори та гайкою і призначена для передачі крутного моменту.

Ескіз деталі «Фланець» показаний на рис. 1.1.

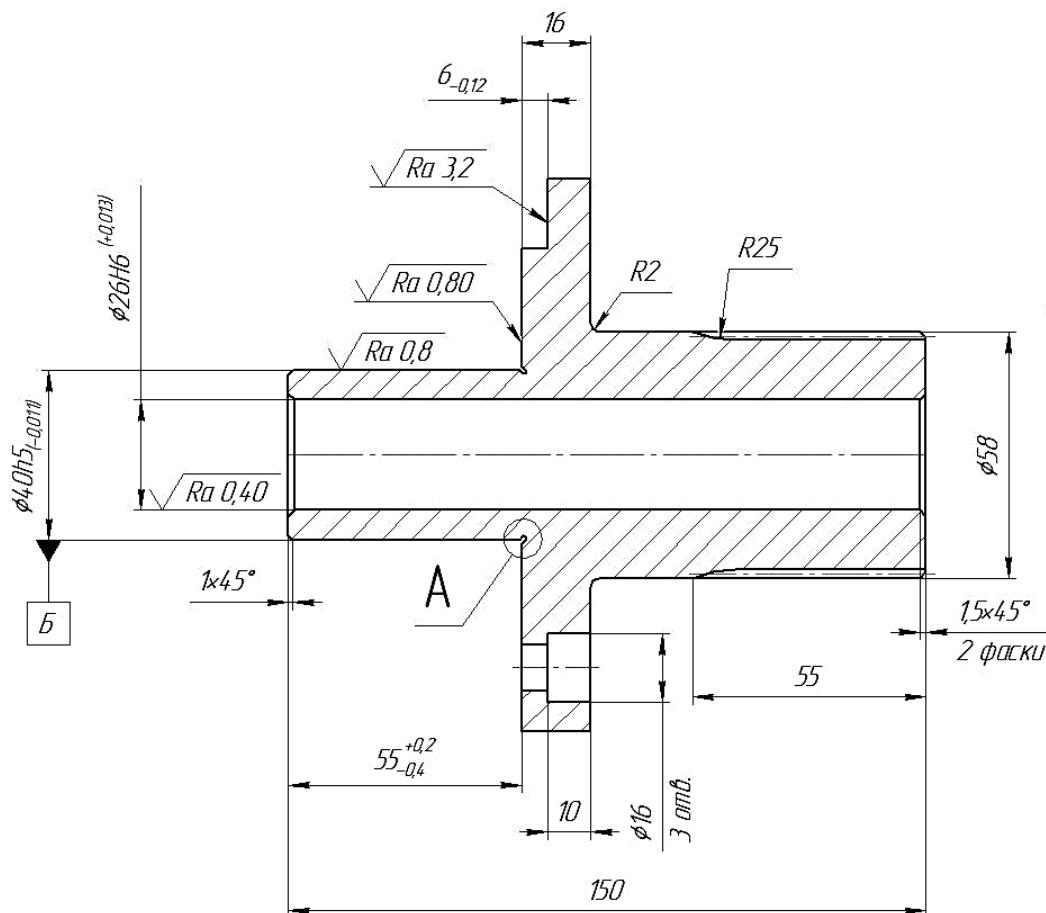


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Фланець»

Деталь «Фланець» відноситься до валів, де навантаження передається через шліці. Деталь працює під навантаженням 700–800 Н (70...80 кгс) на 1 мм довжини зуба. Вони повинні бути легкими і надійними, тому їх виробляють з достатнім коефіцієнтом запасу міцності. Робоча температура деталі «Фланець» та її подібних: від -60°C до $+200^\circ\text{C}$.

Деталь «Фланець» ступінчатої форми, утворена зовнішніми та внутрішніми поверхнями обертання, а також торцевими поверхнями.

Для закріплення деталі у вузлі, «Фланець» має шліці 58x2x9H/9g з кількістю зубців 28 шт, за допомогою яких фланець з'єднується з гайкою у вузлі.

Поверхня $\text{Ø}26\text{H}6^{+0,013}$ з шорсткістю $Ra0,4$ призначена для встановлення вала редуктора, тому виконується з високими вимогами до виготовлення.

Деталь закріплюється до корпусу редуктора за допомогою болтів крізь 3 отвори $\text{Ø}11$. Лиска $48,5 \pm 0,1$ додатково центрує деталь у вузлі, запобігає зсуву деталі та визначає положення деталі у вузлі.

Деталь «Фланець» виготовляється з конструкційної вуглецевої якісної сталі сталь 45 ДСТУ 7809-2015. Хімічний склад матеріалу показаний у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2, [1]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809-2015

Вуглець, C	Марганець, Mn	Кремній, Si	Сірка, S	Фосфор, P	Мідь, Cu	Хром, Cr	Нікель, Ni
			не більше, %				
0,42 – 0,50	0,50 – 0,80	0,17 – 0,37	до 0,035	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,25

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809-2015

Межа плинності σ_T , МПа	Часовий опір σ_B МПа	Відносне подовження δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
355	600	16	40	59

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – гарту та відпускання.

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

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 $N = 4500$ шт. та маси оброблюваної на проектованій ділянці деталі $m = 3,06$ кг як серійне виробництво.

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

Кількість деталей n , шт, 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 (254 днів на 2026 рік).

$$n = \frac{2 \cdot 4500}{254} \approx 35 \text{ шт.}$$

Форми організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ 14.312-74 залежить від виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

Для обробки цієї деталі вибираємо серійно-потокową форму організації ТП. За такої форми організації виробництва деталі надходять на ділянку партіями, та їх обробка здійснюється поточковим 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].

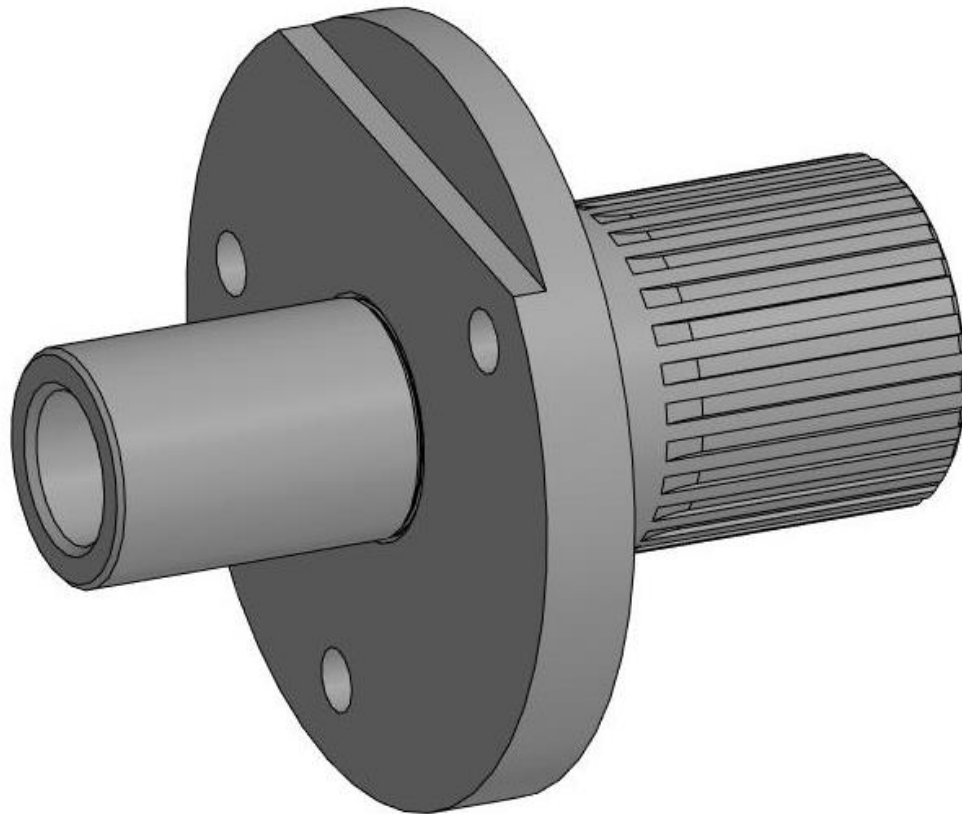
Порівнюємо способи отримання заготовки - на молотах та КГШП.

Встановлюємо припуски на механічну обробку за [4, стр.12, табл. 1.3].

- для заготовки на молотах приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,3$ мм;
для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,4$ мм;

- для заготовки на КГШП приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,1$ мм;
для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,2$ мм;

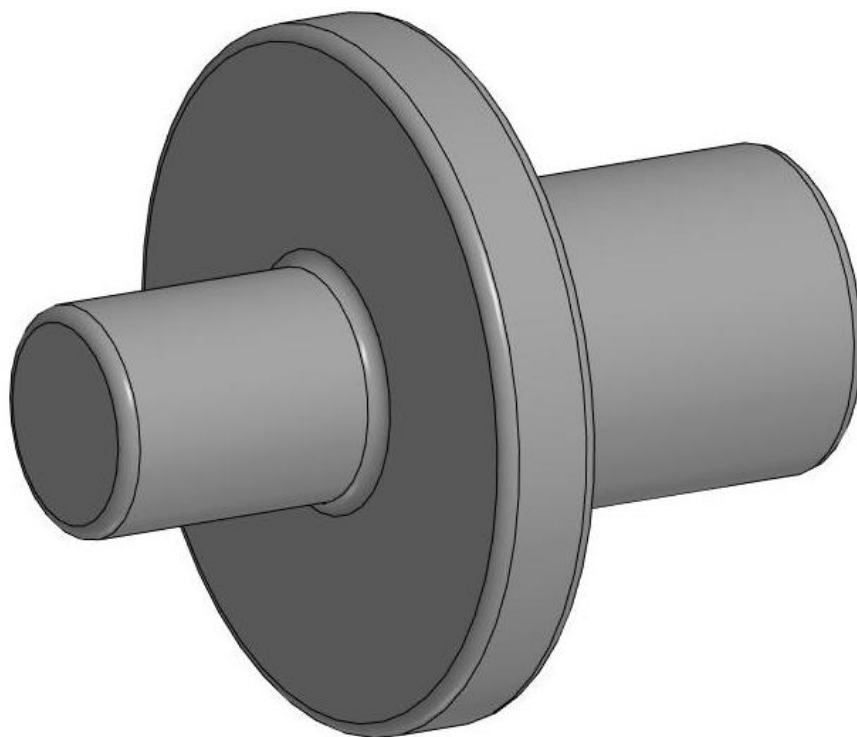
Вагу деталі, а також ваги заготівок визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага деталі складає $q = 3,06$ кг (рис. 1.3).



$M = 3058.360495$ г

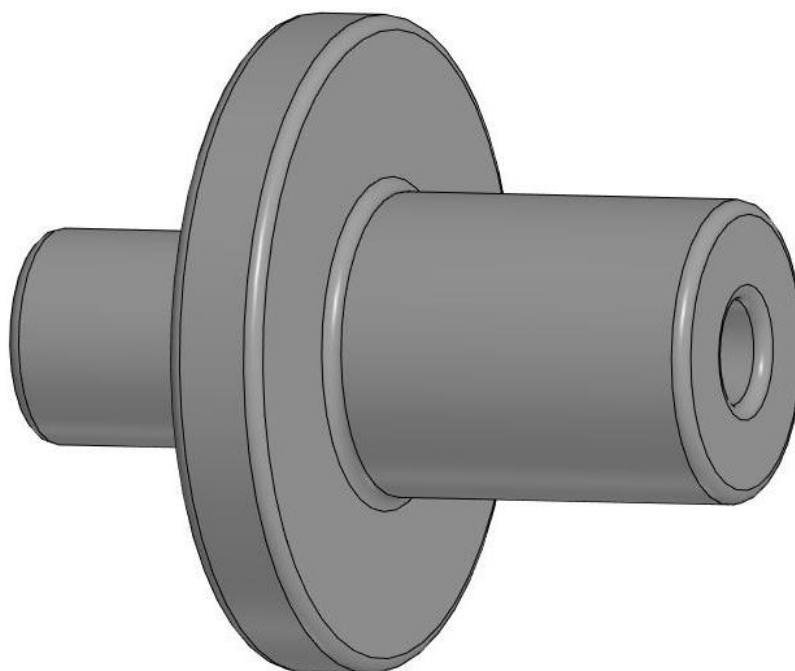
Рисунок 1.3 – Результат розрахунку МЦХ готової деталі

Вага заготовки з врахуванням припусків складає на молотах $Q_1 = 4,88$ кг (рис. 1.4), на КГШП - $Q_2 = 4,33$ кг (рис. 1.5).



$M = 4880.442482 \text{ г}$

Рисунок 1.4 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на молотах



$M = 4332.722919 \text{ г}$

Рисунок 1.5 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки B , грн, 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].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 4,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,84 \cdot 1,0 - (4,88 - 3,06) \cdot \frac{140}{1000} = 14,1 \text{ грн.},$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 4,33 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,84 \cdot 1,0 - (4,33 - 3,06) \cdot \frac{140}{1000} = 12,55 \text{ грн.},$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу η , розраховується по формулі:

$$\eta = \frac{q}{Q}, \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = \frac{3,06}{14,1} = 0,22,$$

$$\eta_2 = \frac{3,06}{12,55} = 0,24,$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Так як $B_1 > B_2$, а $\eta_1 < \eta_2$, то обираємо спосіб виготовлення заготовки – штампування на КГШП.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			молот	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	2,3; 2,4; 2,7;	2,1; 2,2; 2,5
Вага заготовки	Q	кг	4,88	4,33
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-	1,0	
	K_M	-	1,0	
	K_B	-	0,87	
	K_n	-	0,84	
	K_3	-	1,0	
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	14,10	12,55
Коеф. використання матеріалу	η	-	0,22	0,24

Розраховуємо річні заощадження E_B , грн., за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

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

$$E_B = (14,10 - 12,55) \cdot 4500 = 6975 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу M , кг., за формулою:

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

$$M_2 = \frac{3,06 \cdot (0,24 - 0,22)}{0,22 \cdot 0,24} \cdot 4500 = 5216,0 \text{ кг}$$

Отже, остаточно приймаємо спосіб отримання заготовки – штампування на КГШП.

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 взаємне розташування 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 випорів, облою та ін..

За чорнові бази (рис. 1.6) приймаємо необроблену циліндричну поверхню 8 з упором у торець 9 на першій механічній операції.

На чистових токарних операціях базовими поверхнями є зовнішні циліндричні поверхні 10 та 8 з торцями 1 та 9.

На свердлильній операції базовими поверхнями є торець 1 з центруванням по поверхні 10, на фрезерній – внутрішня циліндрична поверхня 10 з упором у чисто оброблений торець 7.

На шліфувальних операціях базовими поверхнями є циліндричні поверхні 2, 10 у поєднанні з торцевими 1 та 9.

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 з'явилося 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. 1.6.

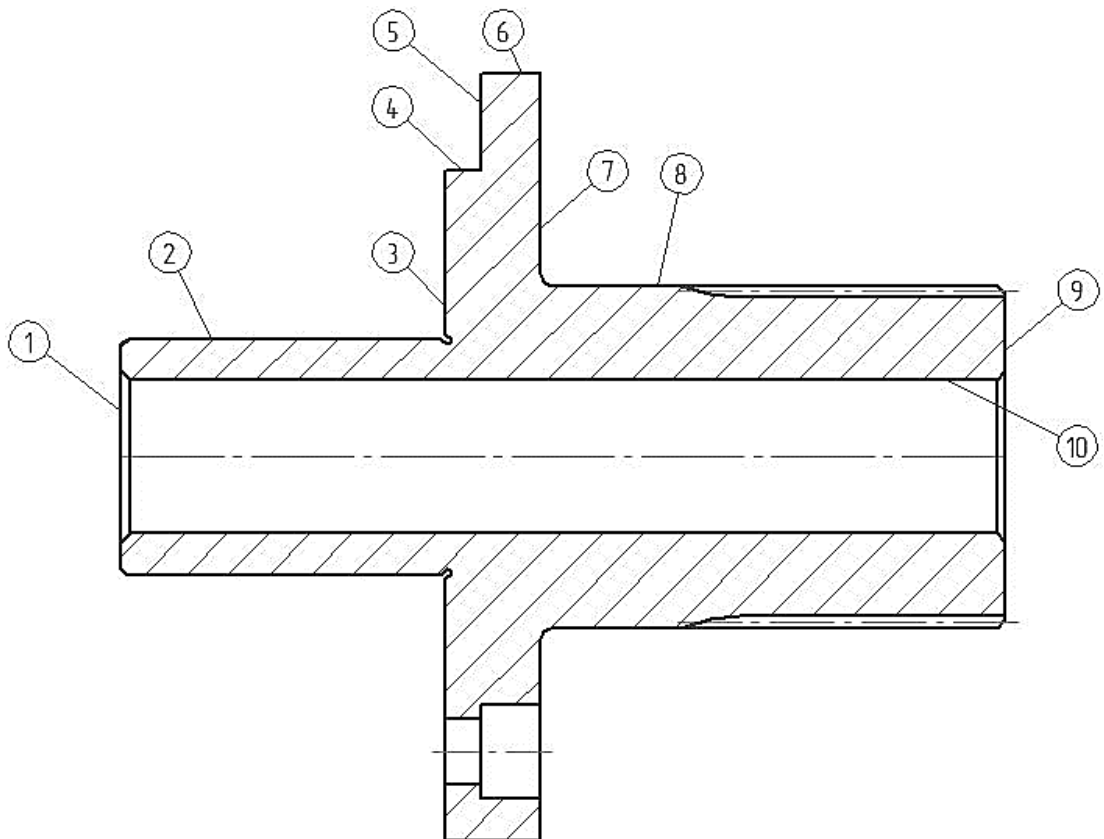


Рисунок 1.6 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

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, 9 150	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	50
№2 Ø40h5 _{-0,011}	циліндрична	зовнішня	h5	~IT16	0,8	50
№3 55 ^{+0.2} _{-0.4}	торцева	зовнішня	~H14	~IT16	0,8	50
№4 48,5±0,1	торцева	зовнішня	IT12	~IT16	3,2	50
№5 6 _{-0,12}	торцева	зовнішня	h12	~IT16	3,2	50
№6 Ø130	циліндрична	зовнішня	h14	~IT16	6,3	50
№7 16	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	50
№8 Ø58	циліндрична	зовнішня	h14	~IT16	6,3	50
№10 Ø26H6 ^{+0,013}	циліндрична	внутрішня	H6	~IT16	0,4	50

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:

$$Td_d=0,011 \text{ мм} \quad Ra_d= 0,8 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +1,3; \quad ei_{d3} = -0,7; \quad Td_3=2,0 \text{ мм} \quad Ra_3=50 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо потрібні уточнення ε_i 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.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2000}{11} = 181,82,$$

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

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2lg181,62 = 4,52, \text{ приймаємо } k = 5.$$

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

$$IT16 \rightarrow h13 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow h7 \rightarrow h5$$

$$Ra50 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8$$

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

Перехід 1 – точіння чорнове h13, Td=0,39 мм, Ra 12,5:

$$\varepsilon_{Td1} = 2000/390 = 5,13,$$

$$\varepsilon_{Ra1} = 50/12,5 = 4$$

Перехід 2 – точіння напівчистове h11, Td=0,16 мм, Ra 6,3:

$$\varepsilon_{Td2} = 390/160 = 2,44,$$

$$\varepsilon_{Ra2} = 12,5/6,3 = 1,98$$

Перехід 3 – точіння чистове h9, Td=0,062 мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td3} = 160/62 = 2,58,$$

$$\varepsilon_{Ra3} = 6,3/3,2 = 1,96;$$

Перехід 4 – шліфування h7, Td=0,025 мм, Ra 1,6:

$$\varepsilon_{Td4} = 62/25 = 2,48,$$

$$\varepsilon_{Ra4} = 3,2/1,6 = 2$$

Перехід 5 – хонінгування h5, Td=0,011 мм, Ra 0,8:

$$\varepsilon_{Td2} = 25/11 = 2,27,$$

$$\varepsilon_{Ra2} = 1,6/0,8 = 2;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 5,13 \cdot 2,44 \cdot 2,58 \cdot 2,48 \cdot 2,27 = 181,80,$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 1,98 \cdot 1,96 \cdot 2 \cdot 2 = 62,10$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5.

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

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, у якому на основі компонування 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 кривошипних гарячештамповочних пресах;

2 етап – термічна обробка (нормалізація) для зняття внутрішніх напружень після штампування;

3 етап – чорнова механічна обробка для отримання базових поверхонь;

4 етап – термічна обробка (гарт, відпускання);

5 етап – напівчистова та чистова механічна обробка, підготовка чистових баз;

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
№1, 9 торцева 150h14- _{1,0} Ra6,3 Загот. IT16 Ra50	d	2,5			IT16 → h15 → h14 Ra50→ Ra12,5→ Ra6,5	1	Заготовка	2500	50	-	-
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	1600	12,5	1,56	4
						3	Точіння чистове	1000	6,3	1,6	1,98
						Загальне уточнення				2,5	7,94
№2 циліндрична Ø40h5- _{0,011} Ra0,8 Загот. IT16 Ra50	d	181,8	4,52	5	IT16 → h13 → h11→ h9 → h7→ h5	1	Заготовка	2000	50	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	390	12,5	5,13	4
						3	Точіння напівчистове	160	6,3	2,44	1,98
					Ra50 → Ra12,5 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	4	Точіння чистове	62	3,2	2,58	1,96
						5	Точіння тонке	25	1,6	2,48	2
						6	Хонінгування	11	0,8	2,27	2
						Загальне уточнення				181,8	62,10

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№3 торцева 55 ^{+0,2} _{-0,4} Ra0,8 Загот.IT16 Ra50	d	3,67			IT16 → H15 → H15→ H14→ H14	1	Заготовка	2200	50	-	-
	Ra	62,5	3,59	4		2	Точіння чорнове	1200	6,3	1,83	7,94
					Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2 → → Ra1,6→ Ra0,8	3	Точіння напівчистове	1200	3,2	1,0	1,97
						4	Точіння чистове	740	1,6	1,62	2
						5	Точіння тонке	600	0,8	1,23	2
						Загальне уточнення				3,65	62,57
№4 торцева 48,5±0,1 Ra3,2 Загот.IT16 Ra50	d	10			IT16 → IT14 → IT12 Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2	1	Заготовка	2000	50	-	-
	Ra	15,63	2,39	2		2	Фрезерування чорнове	620	6,3	3,23	7,94
						3	Фрезерування чистове	200	3,2	3,1	1,97
						Загальне уточнення				10	15,64
№5 торцева 6-0,12 Ra3,2 Загот.IT16 Ra50	d	16,67	2,44	2	IT16 → h14 → h12 Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2	1	Заготовка	2000	50	-	-
	Ra	15,63				2	Фрезерування чорнове	300	6,3	6,67	7,94
						3	Фрезерування чистове	120	3,2	2,5	1,97
						Загальне уточнення				16,68	15,64
№6 циліндрична Ø130h14-0,1 Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	2,5			IT16 → h15 → h14 Ra50 → Ra12,5 → Ra6,3	1	Заготовка	2500	50	-	-
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	1600	12,5	1,56	4
						3	Точіння чистове	1000	6,3	1,6	1,98
						Загальне уточнення				2,5	7,94

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
№7 торцева 16h14-0,43 Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	4,65			IT16 → h15 → h14	1	Заготовка	2000	50	-	-	
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	700	12,5	2,86	4	
					Ra50→ Ra12,5→ Ra6,3	3	Точіння чистове	430	6,3	1,63	1,98	
						Загальне уточнення					4,66	7,94
№8 циліндрична Ø58h14-0,74 Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	2,97			IT16 → h15 → h14	1	Заготовка	2200	50	-	-	
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	1200	12,5	1,83	4	
					Ra50 → Ra12,5 → Ra6,3	3	Точіння чистове	740	6,3	1,62	1,98	
						Загальне уточнення					2,97	7,94
№10 циліндрична Ø26H6 ^{+0,013} Ra0,4 Загот.IT16 Ra50	d	153,9	4,37	5	IT16 → H14 → H12 → H10 → H8→ H6	1	Заготовка	2000	50	-	-	
	Ra	125				2	Точіння чорнове	520	6,3	3,85	7,94	
					Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2 → → Ra1,6 → Ra0,8 → Ra0,4	3	Точіння напівчистове	210	3,2	2,48	1,97	
						4	Точіння чистове	84	1,6	2,5	2	
						5	Шліфування	33	0,8	2,55	2	
						6	Хонінгування	13	0,4	2,54	2	
						Загальне уточнення					154,5	125,1

- 6 етап – чистова шліценарізна операція;
- 7 етап – остаточна обробка – шліфування та хонінгування;
- 8 етап – контрольна, перевірка оброблених поверхонь;
- 9 етап – хімічне оксидування.

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

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

Виконаємо розрахунок припусків та розмірів аналітичним методом для поверхні Ø130h14_{-1,0}.

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 4,33$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування СЗ, габаритів поверхні для штамповки підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки:
 $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{smallmatrix} +1,4 \\ -0,8 \end{smallmatrix} \right) = 2200 \text{ мкм.}$

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

Перехід 1 - заготовка: по [7, табл.12, стор.186]: $R_z = 200 \text{ мкм}$; $h = 250 \text{ мкм}$;

Сумарні відхилення розташування поверхонь $\rho_{\text{заг}}$ визначаємо за формулою:

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

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, $\Delta_{\text{кор}} = 1,6 \text{ мкм/мм}$ [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 1,6 \cdot 130 = 208 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$ – короблення зміщення, $\rho_{\text{см}} = 450$ мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{208^2 + 450^2} = 496 \text{ мкм.}$$

Перехід 2 – термообробка (нормалізація): $\Delta_{\text{кор}} = 1,0$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_2 = 1,0 \cdot 130 = 130 \text{ мкм.}$$

Перехід 3 - точіння чорнове: по [7, табл.25, стор.188]: $Rz = 50$ мкм; $h = 50$ мкм

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

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

$$\rho_3 = 496 \cdot 0,06 = 30 \text{ мкм.}$$

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

де ε_3 – похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25 \sqrt{2,2^2 + 1} = 604 \text{ мкм.}$$

Перехід 4 – термообробка (гарт, відпускання): $\Delta_{\text{кор}} = 1,0$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_4 = 1,0 \cdot 130 = 130 \text{ мкм.}$$

Перехід 5 – точіння чистове: $Rz = 25$ мкм; $h = 25$ мкм

$$\rho_5 = 130 \cdot 0,05 = 7 \text{ мкм,}$$

$$\varepsilon_5 = 604 \cdot 0,05 = 30 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків $2Z_{\min i}$ 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.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[200 + 250 + \sqrt{130^2 + 604^2} \right] = 2136 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{130^2 + 30^2} \right] = 467 \text{ мкм}$$

Розраховуємо технологічні розміри шляхом розмірних ланцюгів. Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні $d_{i \max}$, мм, за формулою:

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

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 130 + 0,467 + 1,6 = 132,067 \text{ мм},$$

$$\text{приймаємо } d_{3 \max} = 132,07 \text{ мм},$$

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 132,07 + 2,136 + 2,2 = 136,406 \text{ мм},$$

$$\text{приймаємо } d_{\text{заг} \max} = 136,4 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри $d_{i \min}$, мм, за формулою:

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

$$d_{\text{заг} \min} = d_{\text{заг} \max} - Td_{\text{заг}} = 136,4 - 2,2 = 134,2 \text{ мм},$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 132,07 - 1,6 = 130,47 \text{ мм},$$

$$d_{5 \min} = d_{5 \max} - Td_5 = 130 - 1 = 129 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.
Розраховуємо максимальні значення припусків $2Z_{i \max}$, мм, за формулою:

$$\begin{aligned} 2Z_{i \max} &= d_{i-1 \max} - d_{i \min}, \\ 2Z_{3 \max} &= d_{3 \max} - d_{3 \min} = 136,4 - 132,07 = 4,33 \text{ мм}, \\ 2Z_{5 \max} &= d_{3 \max} - d_{5 \min} = 132,07 - 130 = 0,07 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.14)$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків $2Z_{i \min}$, мм, за формулою:

$$\begin{aligned} 2Z_{i \min} &= d_{i-1 \min} - d_{i \max}, \\ 2Z_{3 \min} &= d_{3 \min} - d_{3 \max} = 134,2 - 130,47 = 3,73 \text{ мм}, \\ 2Z_{5 \min} &= d_{3 \min} - d_{5 \max} = 130,47 - 129 = 1,47 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.15)$$

Виконуємо перевірку розрахунків за формулою:

$$\begin{aligned} TZ_0 &= 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}, \\ 2Z_{0 \max} &= d_{3 \max} - d_{5 \min} = 136,4 - 129 = 7,4 \text{ мм}, \\ 2Z_{0 \min} &= d_{3 \min} - d_{5 \max} = 134,2 - 130 = 4,2 \text{ мм}, \\ 7,4 - 4,2 &= 3,2 = 2,2 + 1,0 = 3,2 \end{aligned} \quad (1.16)$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки $d_{\text{заг ном}}$, мм, та технологічні виконавчі розміри за формулою:

$$\begin{aligned} d_{\text{заг ном}} &= d_{3 \min} + ei d_{\text{заг}} = d_{3 \max} - es d_{\text{заг}}, \\ d_{\text{заг ном}} &= 134,2 + 0,8 = 136,4 - 1,4 = 135, \\ d_{\text{заг}} &= \varnothing 135^{+1,4}_{-0,8}; d_3 = \varnothing 132,07_{-1,6}; d_5 = \varnothing 130_{-1,0} \end{aligned} \quad (1.17)$$

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 $Q = 4,33$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С3, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру $150h_{14-1,0}$: $Z_{0 \min} = 2,5$ мм. Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків, за формулою:

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

де j_i – коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = 0,8 \cdot 2,5 = 2 \text{ мм},$$

$$Z_{6 \min} = Z_{7 \min} = 0,2 \cdot 2,5 = 0,5 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні $l_{i \max}$, мм, за формулою:

$$l_{i \max} = l_{i+1 \max} + Z_{i+1 \min} + Tl_i, \quad (1.19)$$

$$l_{6 \max} = l_{7 \max} + Z_{7 \min} + Tl_6 = 150 + 0,5 + 1 = 151,5 \text{ мм},$$

$$l_{4 \max} = l_{6 \max} + Z_{6 \min} + Tl_4 = 151,5 + 0,5 + 1,6 = 153,6 \text{ мм},$$

$$l_{3 \max} = l_{4 \max} + Z_{4 \min} + Tl_3 = 153,6 + 2 + 1,6 = 157,2 \text{ мм},$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_{\text{заг}} = 157,2 + 2 + 2,2 = 161,4 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри $l_{i \min}$, мм, за формулою:

$$l_{i \min} = l_{i \max} - Tl_i, \quad (1.20)$$

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 161,4 - 2,2 = 159,2 \text{ мм},$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 157,2 - 1,6 = 155,6 \text{ мм},$$

$$l_{4 \min} = l_{4 \max} - Tl_4 = 153,6 - 1,6 = 152 \text{ мм},$$

$$l_{6 \min} = l_{6 \max} - Tl_6 = 151,5 - 1 = 150,5 \text{ мм},$$

$$l_{7 \min} = l_{7 \max} - Tl_7 = 150 - 1 = 149 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.
Розраховуємо максимальні значення припусків $Z_{i \max}$, мм, за формулою:

$$Z_{i \max} = l_{i-1 \max} - l_{i \min}, \quad (1.21)$$

$$Z_{3 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{3 \min} = 161,4 - 155,6 = 5,8 \text{ мм},$$

$$Z_{4 \max} = l_{3 \max} - l_{4 \min} = 157,2 - 152 = 5,2 \text{ мм},$$

$$Z_{6 \max} = l_{4 \max} - l_{6 \min} = 153,6 - 150,5 = 3,1 \text{ мм},$$

$$Z_{7 \max} = l_{6 \max} - l_{7 \min} = 151,5 - 149 = 2,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків $Z_{i \min}$, мм, за формулою:

$$Z_{i \min} = l_{i-1 \max} - l_{i \min}, \quad (1.22)$$

$$Z_{3 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{3 \max} = 159,2 - 157,2 = 2,0 \text{ мм},$$

$$Z_{4 \min} = l_{3 \min} - l_{4 \max} = 155,6 - 153,6 = 2,0 \text{ мм},$$

$$Z_{6 \min} = l_{4 \min} - l_{6 \max} = 152 - 151,5 = 0,5 \text{ мм},$$

$$Z_{7 \min} = l_{6 \min} - l_{7 \max} = 150,5 - 150 = 0,5 \text{ мм},$$

Виконуємо перевірку розрахунків за формулою:

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

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{7 \min} = 161,4 - 149 = 12,4 \text{ мм},$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{7 \max} = 159,2 - 150 = 9,2 \text{ мм},$$

$$12,4 - 9,2 = 3,2 = 2,2 + 1 = 3,2$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки $l_{\text{заг ном}}$, мм, та технологічні виконавчі розміри за формулою:

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

$$l_{\text{заг ном}} = 161,4 + 0,8 = 159,2 - 1,4 = 162,2 \text{ мм},$$

$$l_{\text{заг}} = 162,2^{+1,4}_{-0,8},$$

$$l_3 = 157,2_{-1,6},$$

$$l_4 = 153,6_{-1,6},$$

$$l_6 = 151,5_{-1},$$

$$l_7 = 150_{-1}$$

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].

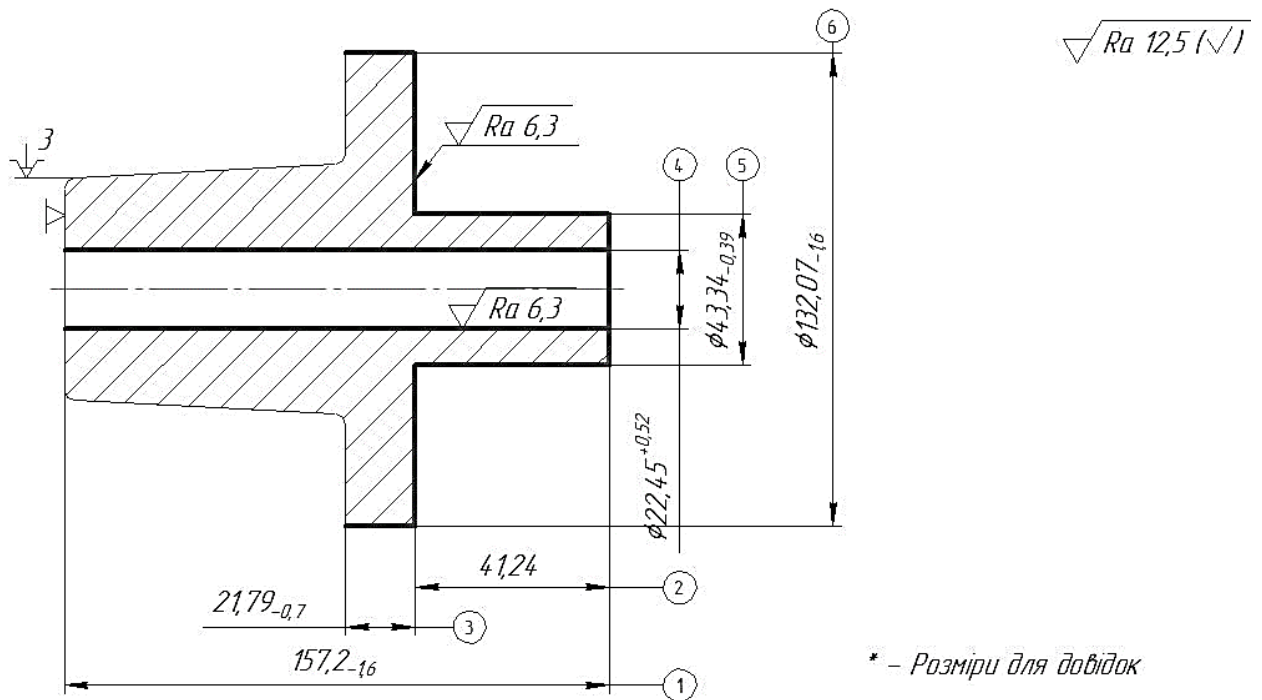


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарної

Обробка виконується за 4 переходів.

Перехід №1 – підрізати торець 1.

Вибираємо різець з [1, стор.115-118] - різець збірний прохідний з мех.кріпленням пластин 16x16 r=1 мм Т5К10 ГОСТ 21151-75

Знаходимо глибину різання t , мм:

$$t = 162,2 - 157,2 = 5,0 \text{ мм}$$

Розбиваємо глибину різання на два прохода. Таким чином приймаємо $t = 2,5$ 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 $S_{0\text{BT}}$ (мм/об) [10, стор. 421]. Приймаємо $S_{0\text{BT}} = 0,6$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання V , м/хв., яка допускається властивостями різця за формулою:

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

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];

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

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{600} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}} \cdot 0,91 = 135,8 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 135,8}{3,14 \cdot 46,4} = 932$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вТ}} (\text{хв}^{-1})$ [10,с.421], $n_{\text{вТ}} = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання V_d , м/хв, за формулою:

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 46,4 \cdot 800}{1000} = 116,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z , Н, 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].

$K_{\text{фр}}, K_{\text{γр}}, K_{\text{λр}}, K_{\text{гр}}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив геометричних параметрів різця на силу різання [7, стор. 275, табл. 23].

$$K_p = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,941,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 116,6^{-0,15} \cdot 0,941 = 2356,6 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність N , кВт, витрачену на різання за формулою:

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

$$N = \frac{2356,6 \cdot 116,6}{1020 \cdot 60} = 4,49 \text{ кВт}$$

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], $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$, $\eta = 0,75$

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

$$4,49 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час t_0 , хв., за формулою:

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

де L – шлях інструменту в напрямку подачі, 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 врзання мм, де φ – головний кут в плані;

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

$$t_0 = \frac{13,5 + 2,5 + 3}{800 \cdot 0,6} \cdot 2 = 0,08 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунок режимів для інших переходів. Загальний час по операції складає 1,05 хв.

1.6.2 Операція 040 – Вертикально-свердлильна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 040 – вертикально-свердлильну з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК Cormak mill1042 [11]. Обробка виконується за два переходу.

Перехід 1 – Свердлити 3 отв., витримуючи розміри 1, 3, по програмі. Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12] свердло SCD 110-056-120 AP5N (рис.1.8), патрон DIN69871 40 HYDRO 12X77 (рис.1.9). Параметри свердла вказані у таблиці 1.7, патрона - у таблиці 1.8.

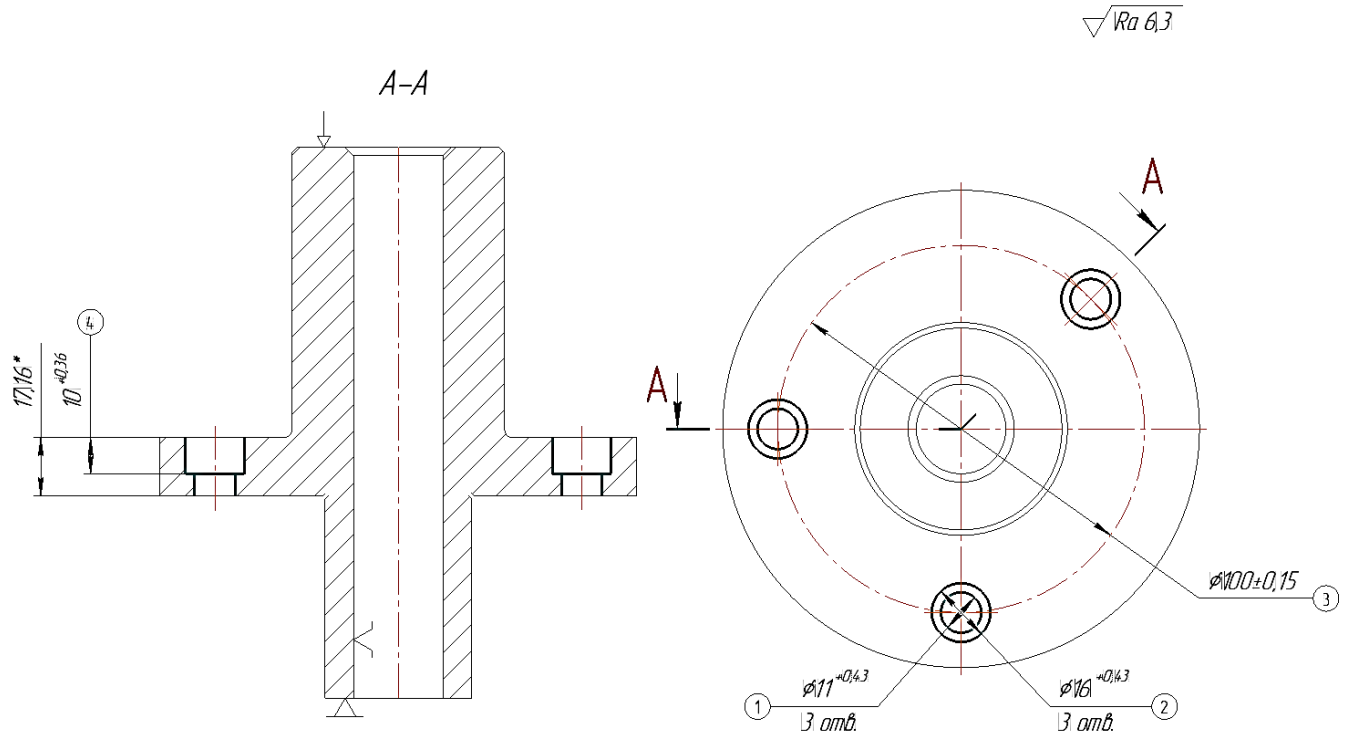


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 040 – вертикально-свердлильної з ЧПК

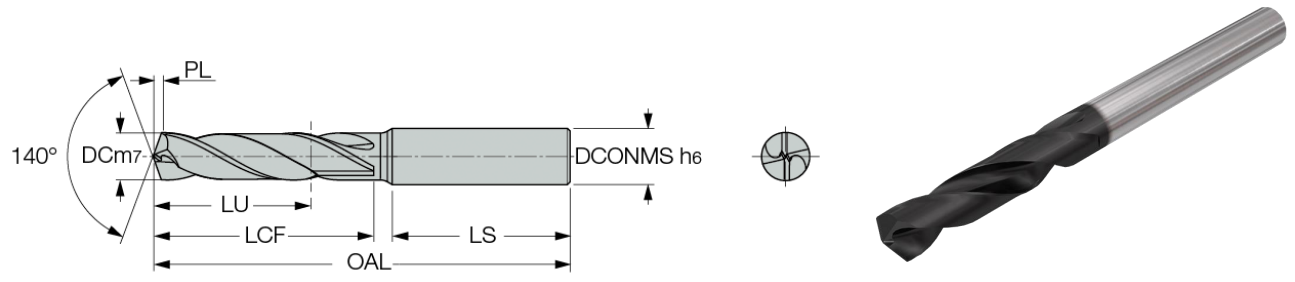


Рисунок 1.8 – Свердло SCD 110-056-120 AP5N

Таблиця 1.7 – Параметри свердла SCD 110-056-120 AP5N

DC	DCONMS	OAL	LU	LCF	PL	LS
11.00	12.00	118.00	56.00	71.0	1.700	45.0

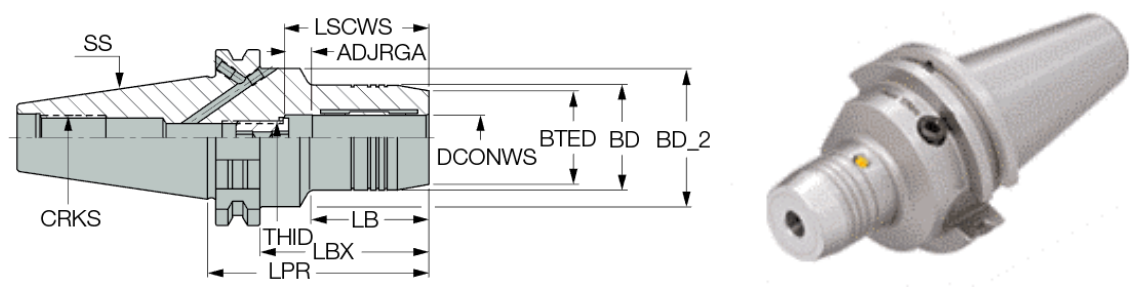


Рисунок 1.9 - Патрон DIN69871 40 HYDRO 12X77

Таблиця 1.8 – Параметри патрона DIN69871 40 40 HYDRO 12X77

SS	DCONWS	BTED	BD	BD_2	LPR	LBX	LB	ADJRG	LSCWS	THID	CRKS
40	12	29	32	50	77	58	42	10	47	M10x1	M16

Визначаємо глибину різання:

$$t = 11 / 2 = 5,5 \text{ мм}$$

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] з інтервалу 0,2...0,35 мм/об приймаємо значення подачі $S_0 = 0,2$ мм/об.

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту. З інтервалу 70...100 м/хв приймаємо $V = 75$ м/хв.

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

$$n = \frac{1000 \cdot 75}{3,14 \cdot 11} = 2171 \text{ хв}^{-1}.$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} = 2100 \text{ хв}^{-1}$.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 2100}{1000} = 72,5 \text{ м/хв}.$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

Знаходимо силу різання P_0 , Н та крутний момент $M_{\text{кр}}$, Н · м, при свердлінні за формулами:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p \quad (1.42)$$

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

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

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 11^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,16 = 2812,4 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^{2,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,16 = 15,70 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання N , кВт за формулою:

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

$$N = \frac{15,7 \cdot 2100}{9750} = 3,38 \text{ кВт}$$

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

$$N_{шт} = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кВт} > 3,38 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час t_0 , хв, при свердлінні за формулою:

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

$$y = 0,5 \cdot D, \quad (1.46)$$

$$y = 0,5 \cdot 11 = 5,5 \text{ мм}$$

$$L = 17,16 + 5,5 + 5 = 27,66 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{27,66}{2100 \cdot 0,2} \cdot 3 = 0,20 \text{ хв}$$

Аналогічно розраховуємо режими різання для переходу 2 – свердління 3-х отворів пов.2, 3, 4. Загальний час по операції складає 0,43 хв.

1.6.3 Операція 050 – Вертикально-фрезерна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 050 – вертикально-фрезерна з ЧПК (рис.1.10).

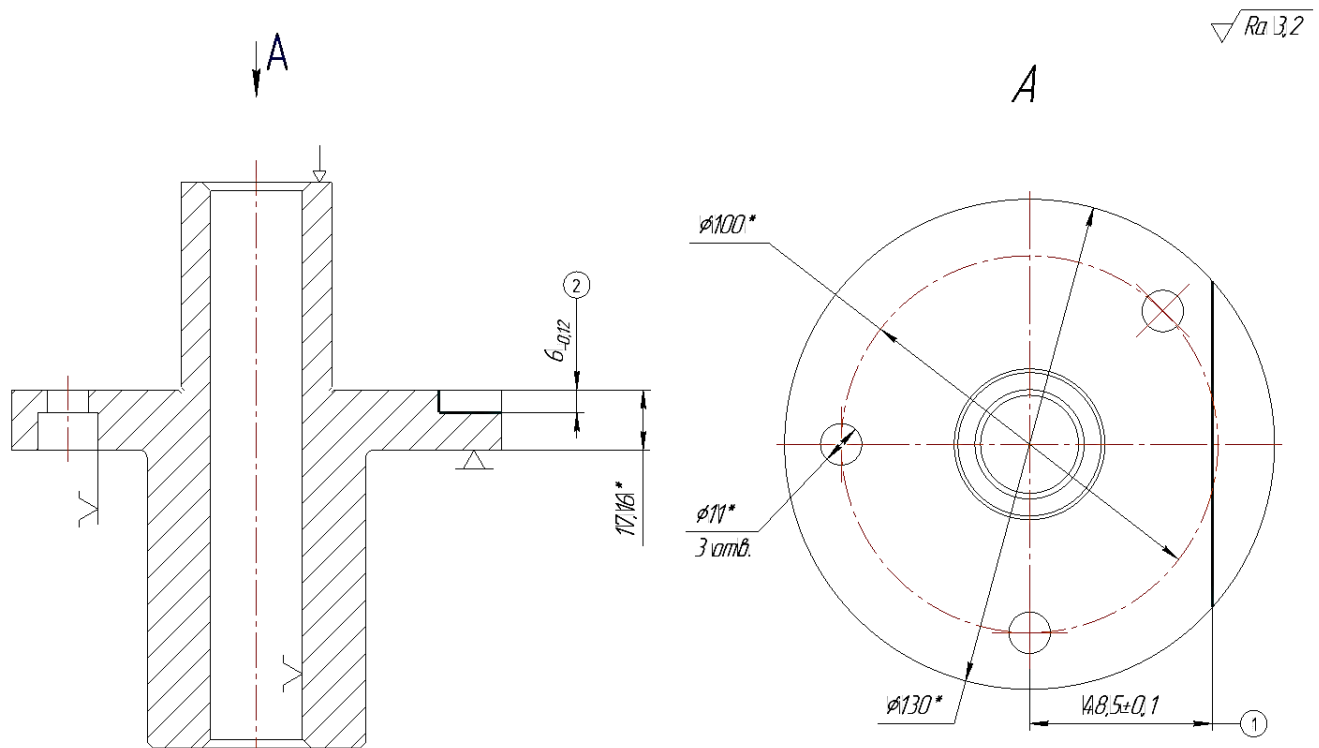
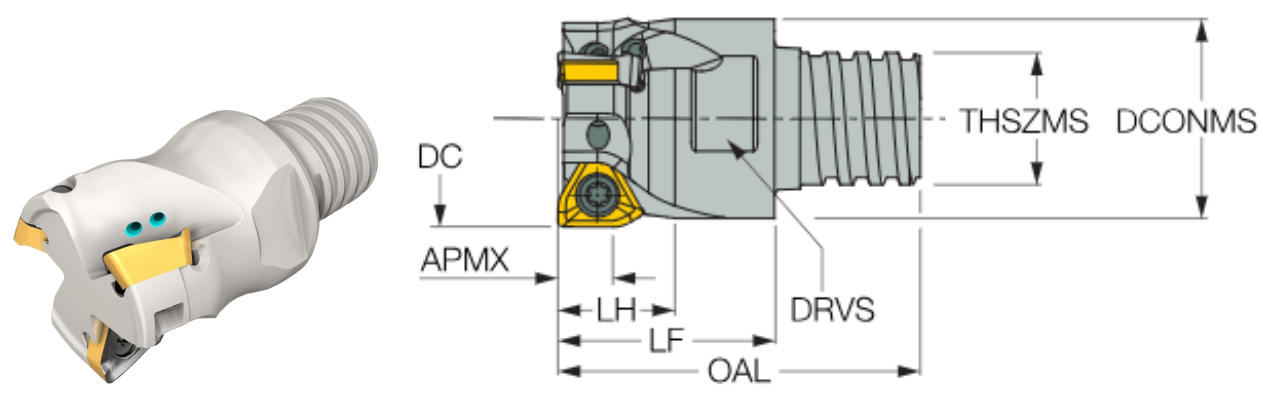


Рисунок 1.10 – Ескіз до обробки на операції 050 – вертикально-фрезерну з ЧПК

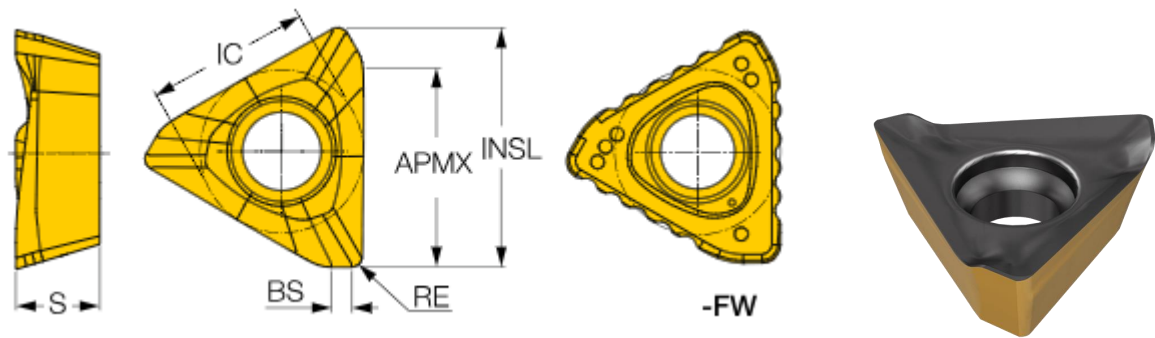
Обробка виконується на верстаті з ЧПК Cormak mill1042 [11]. На операції фрезерується уступ пов.1, 2 фрезою ETDD40-4MMT21-15JHP (рисунок 1.11) за каталогом [12] зі вставними пластинами TDCT 150504PDR (рисунок 1.12).

З характеристики пластини з діапазону 0,08...0,15 вибираємо подачу $S_z = 0,1$ мм/об.



DC	APMX	CICT	LF	LH	DCONMS	THSZMS	OAL	DRVS	RMPX°
40.00	13.00	4	35.00	24.0	29.00	T21	58.10	24.0	2.1

Рисунок 1.11 - Фреза ETDD40-4MMT21-15JHP



INSL	IC	S	APMX	RE	BS	fz (min)	fz (max)
16.80	11.40	6.08	12.00	0.40	1.90	0.08	0.15

Рисунок 1.12 - Ріжуча пластина TDCT 150504PDR

Рекомендована швидкість різання, яка допускається властивостями ріжучої пластини знаходиться у діапазоні 200...260 м/хв. Приймаємо 220 м/хв.

Визначаємо глибину різання для фрезерування уступа $t = 16,5$ мм.

Визначаємо частоту обертів фрези, n , хв^{-1} , яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання за формулою (1.23):

$$n = \frac{1000 \cdot 220}{3,14 \cdot 40} = 1752 \text{ хв}^{-1}$$

Так як верстат з ЧПК має безступінчасте регулювання частоти обертання, приймаємо $n_{\text{BT}} = 1700 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання V_d , м/хв, за формулою (1.24):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1700}{1000} = 213,5 \text{ м/хв}$$

Дійсна швидкість різання входить у рекомендований діапазон.

Визначаємо хвилинну подачу при фрезеруванні $S_{\text{хв}}$, мм/хв, уступа за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot n \cdot z \quad (1.47)$$

де $z = 4$, – кількість ріжучих пластин, рисунок 1.11.

$$S_{\text{хв}} = 0,1 \cdot 1700 \cdot 4 = 680 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо $S_{\text{хв}} = 150 \text{ мм/хв}$.

Визначаємо силу різання при фрезеруванні P_z , Н, за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (1.48)$$

де z – кількість зубців (ріжучих пластин) фрези;

n – частота обертання фрези;

C_p, x, y, u, q, w – визначаємо по [7, стр.291, табл.41]; $C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1,0, q = 0,86, w = 0$;

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 16,5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^{1,0} \cdot 4}{40^{0,86} \cdot 1700^0} \cdot 1,15 = 1674,78 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент фрези $M_{кр}$, Н, за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_{фр}}{2 \cdot 100}, \quad (1.49)$$

$$M_{кр} = \frac{1674,78 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 335 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

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

$$N = \frac{1674,78 \cdot 213,5}{1020 \cdot 60} = 5,84 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт}$$

Умова виконується, обробка можлива.

Визначаємо машинний час при фрезеруванні t_0 , хв, за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{S_{хв}} \cdot i, \quad (1.50)$$

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

i – кількість проходів фрези

$$L = l + y + \Delta, \quad (1.51)$$

де l – довжина поверхні, яка оброблюється мм

y – величина врізання інструменту, мм

Δ – величина перебігу, мм.

$$y = 0,5 \cdot D, \text{ мм} \quad (1.52)$$

$$y = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}$$

$$L = 86,55 + 20 + 5 = 111,55 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{111,55}{150} = 0,74 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 - Токарна

Допоміжний час $t_{\text{доп}}$, хв, визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.53)$$

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];

$$t_{\text{доп}} = 0,07 + 0,1 + 0,60 = 0,77 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{\text{оп}}$, хв, визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}}, \quad (1.54)$$

$$t_{\text{оп}} = 1,05 + 0,77 = 1,82 \text{ хв}$$

Додатковий час $t_{\text{дод}}$, хв, визначається за формулою:

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.55)$$

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];

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 1,82 = 0,182 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{\text{шт}}$, хв, визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \quad (1.56)$$

$$t_{\text{шт}} = 1,82 + 0,182 = 2,0 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $t_{пз}$, хв, визначається за формулою:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3} , \quad (1.57)$$

де $t_{пз1}$ - норматив часу на наладку верстата і пристосування, $t_{пз1} = 14$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{пз2}$ - норматив часу на установку ріжучого інструменту, $t_{пз2} = 7$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{пз3}$ - норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни, $t_{пз3} = 8$ хв; [13, стор.135, к.49];

$$t_{пз} = 14 + 7 + 8 = 29 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час $t_{шк}$, хв, визначається за формулою:

$$t_{шк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}, \quad (1.58)$$

$$t_{шк} = 2 + \frac{29}{35} = 2,83 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 040 – Вертикально-свердлильна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час $t_{доп}$, хв, за формулою (1.53), при цьому $t_y = 0,03$, [13, стор.438, к.63]; $t_{упр} = 0,07$ [13, стор.440, к.64]; $t_{контр} = 0,12$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{доп} = 0,03 + 0,07 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{оп}$, хв, визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{оп} = 0,43 + 0,22 = 0,65 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час $t_{\text{дод}}$, хв, за формулою (1.55), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 0,65 = 0,065 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{\text{шт}}$, хв, визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шт}} = 0,65 + 0,065 = 0,715 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $t_{\text{пз}}$, хв, визначаємо за формулою (1.57), 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 $t_{\text{шк}}$, хв, визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шк}} = 0,715 + \frac{26}{35} = 1,46 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 050 – Вертикально-фрезерна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час $t_{\text{доп}}$, хв, за формулою (1.53), при цьому $t_y = 0,07$, [13, стор.56, к.5]; $t_{\text{упр}} = 0,1$ [13, стор.79, к.14]; $t_{\text{контр}} = 0,12$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,07 + 0,1 + 0,12 = 0,29 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{\text{оп}}$, хв, визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{\text{оп}} = 0,74 + 0,29 = 1,03 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час $t_{\text{дод}}$, хв, за формулою (1.55), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,04) \cdot 1,03 = 0,103 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{\text{шт}}$, хв, визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шт}} = 1,03 + 0,103 = 1,133 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $t_{\text{пз}}$, хв, визначаємо за формулою (1.57), де $t_{\text{пз1}} = 17 \text{ хв}$, [13, стор.96, к.21]; $t_{\text{пз2}} = 6 \text{ хв}$, [13, стор.97, к.21]; $t_{\text{пз3}} = 6 \text{ хв}$, [13, стор.104, к.28].

$$t_{\text{пз}} = 17 + 6 + 6 = 29 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час $t_{\text{шк}}$, хв, визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шк}} = 1,133 + \frac{29}{35} = 1,96 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Обладнання	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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	Токарна	16K20	1,05	0,77	1,82	0,182	2,00	29	2,83
020	Токарна	16K20	1,46	0,3	1,76	0,176	1,94	29	2,76
030	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	2,88	0,95	3,83	0,383	4,21	27	4,98
035	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	2,91	1,05	3,96	0,396	4,36	27	5,13
040	Вертикально- свердлильна з ЧПК	Cormak mill1042	0,43	0,22	0,65	0,065	0,72	26	1,46
050	Вертикально- фрезерна з ЧПК	Cormak mill1042	0,74	0,29	1,03	0,103	1,13	29	1,96
055	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	0,98	0,65	1,63	0,163	1,79	27	2,56
060	Зубофрезерна	53A50	2,8	1,12	3,92	0,392	4,31	32	5,23
065	Токарна з ЧПК	L200-M	0,94	0,54	1,48	0,148	1,63	27,5	2,41
070	Внутрішньо- шліфувальна	3K228B	1,47	0,84	2,31	0,231	2,54	31	3,43
075	Хонінгування	Sunnen Eclipse CE 3500	0,53	0,5	1,03	0,103	1,13	32	2,05
080	Хонінгування	Sunnen Eclipse CE 3500	0,74	0,55	1,29	0,129	1,42	32	2,33

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Керуючу програму розробляємо для операції 050 – вертикально-фрезерна з ЧПК, на якій фрезерується уступ глибиною 6 мм. Розробку виконуємо у конструкторському пакеті Siemens NX.

Створюємо 3д моделі заготовки, яка утворюється після обробки на операції 040 (рис.1.13), та 3д модель деталі, яка буде утворюватись після обробки уступа на операції 050. (рис.1.14).

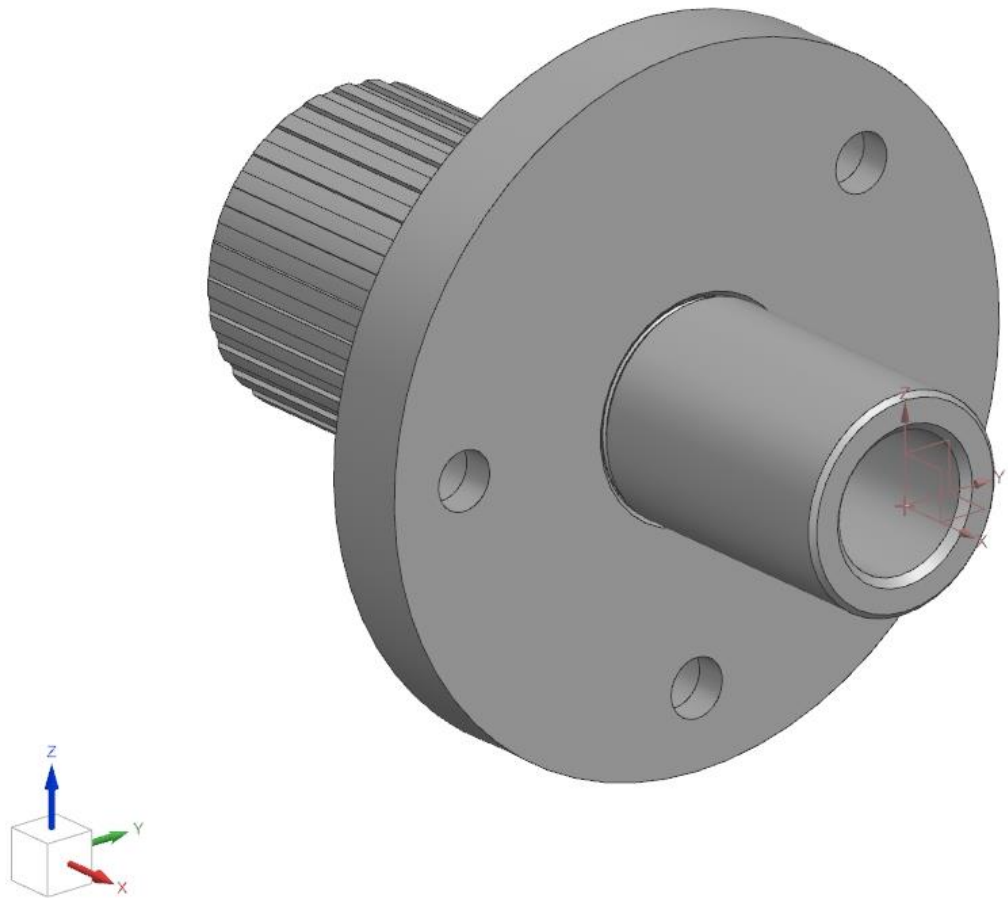


Рисунок 1.13 – Створення 3д моделі деталі до обробки

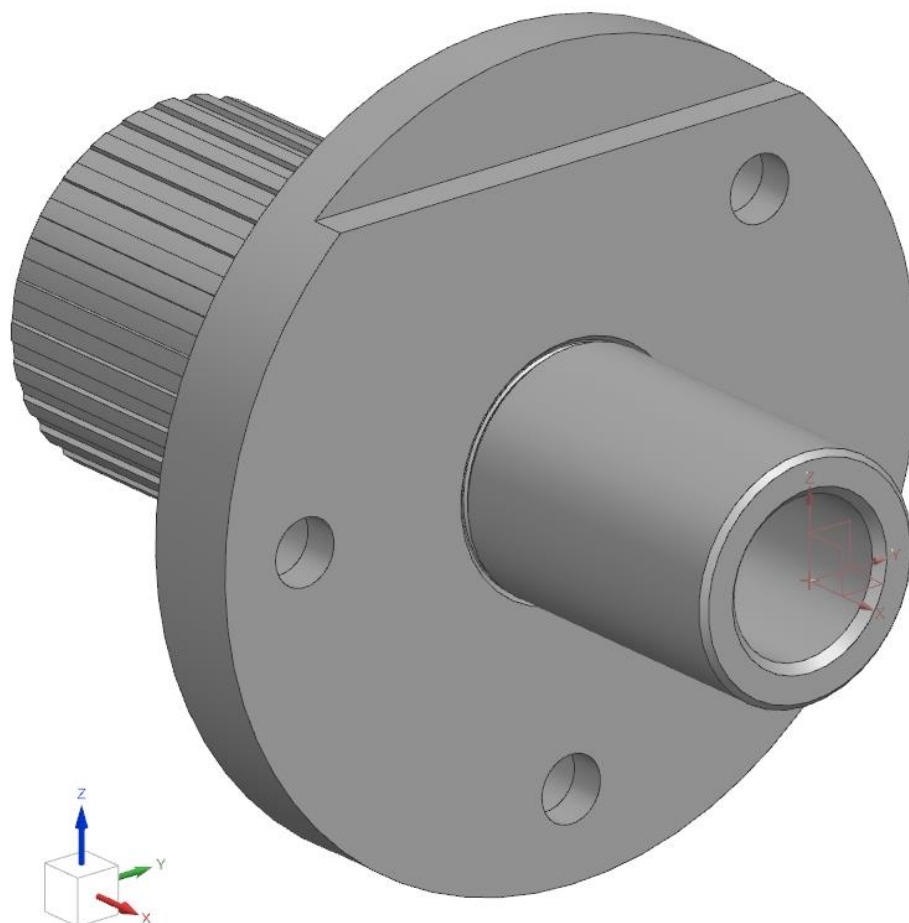


Рисунок 1.14 – Створення 3д моделі деталі після обробки

Після створення деталі виконуємо налаштування системи координат. (рис.1.15). Вісь Z розташовуємо вздовж вісі деталі.

У меню WORKPIECE задаємо геометрії деталі до обробки, яка буде являтися заготівкою, та геометрію деталі після обробки. (рис.1.16).

Після налаштування системи координат виконуємо наступний етап – створення ріжучого інструменту – фреза кінцева Ø40 (див. п.1.6.3, рис.1.17).

Після всіх налаштувань на екрані виводиться зображення траєкторії руху інструмента (рисунок 1.18), після чого генеруємо КП для операції у постпроцесорі. Результат генерації та керуюча програма показана у Додатку Б.

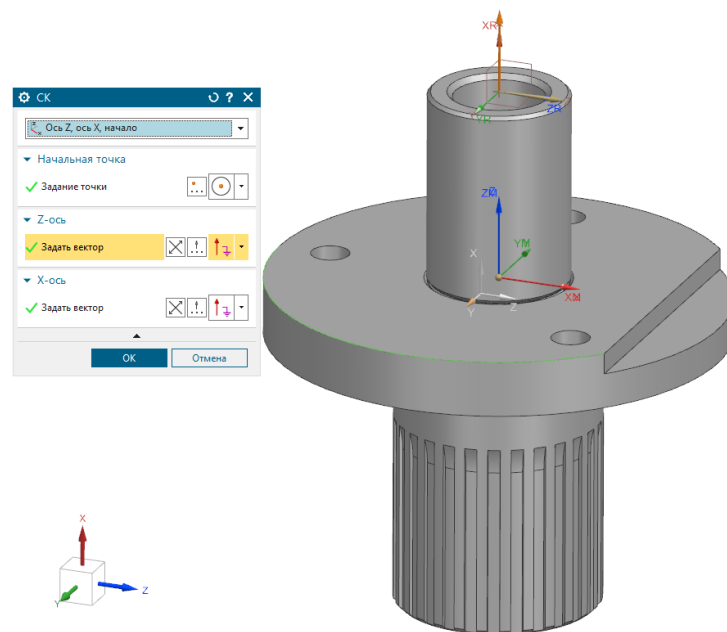


Рисунок 1.15 – Налаштування систем координат

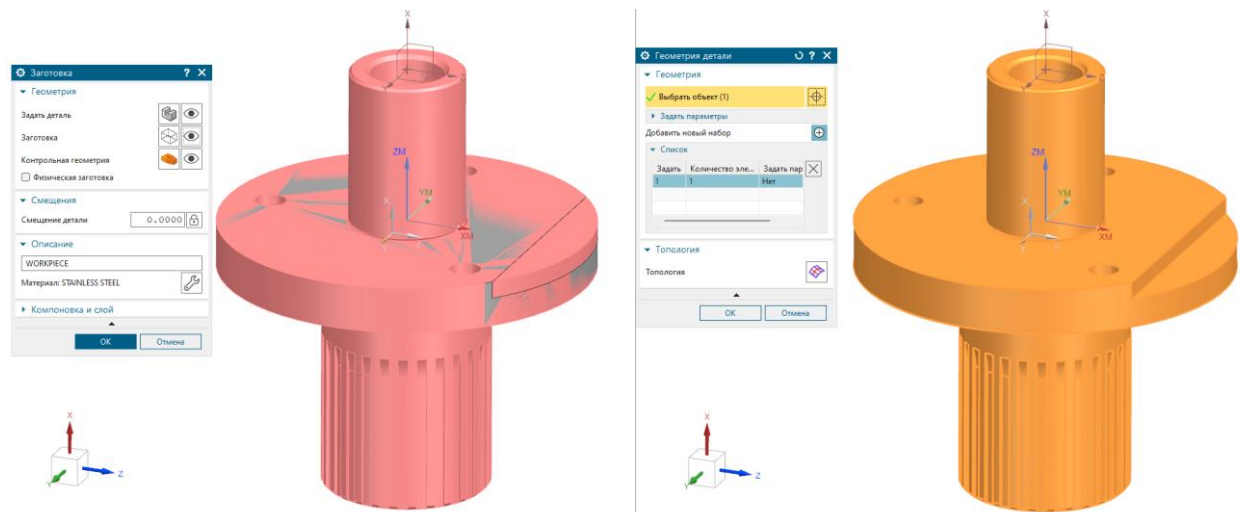


Рисунок 1.16 – Налаштування геометрії деталі

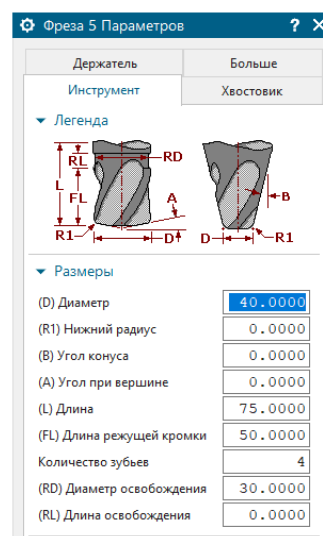


Рисунок 1.17 – Створення ріжучого інструменту

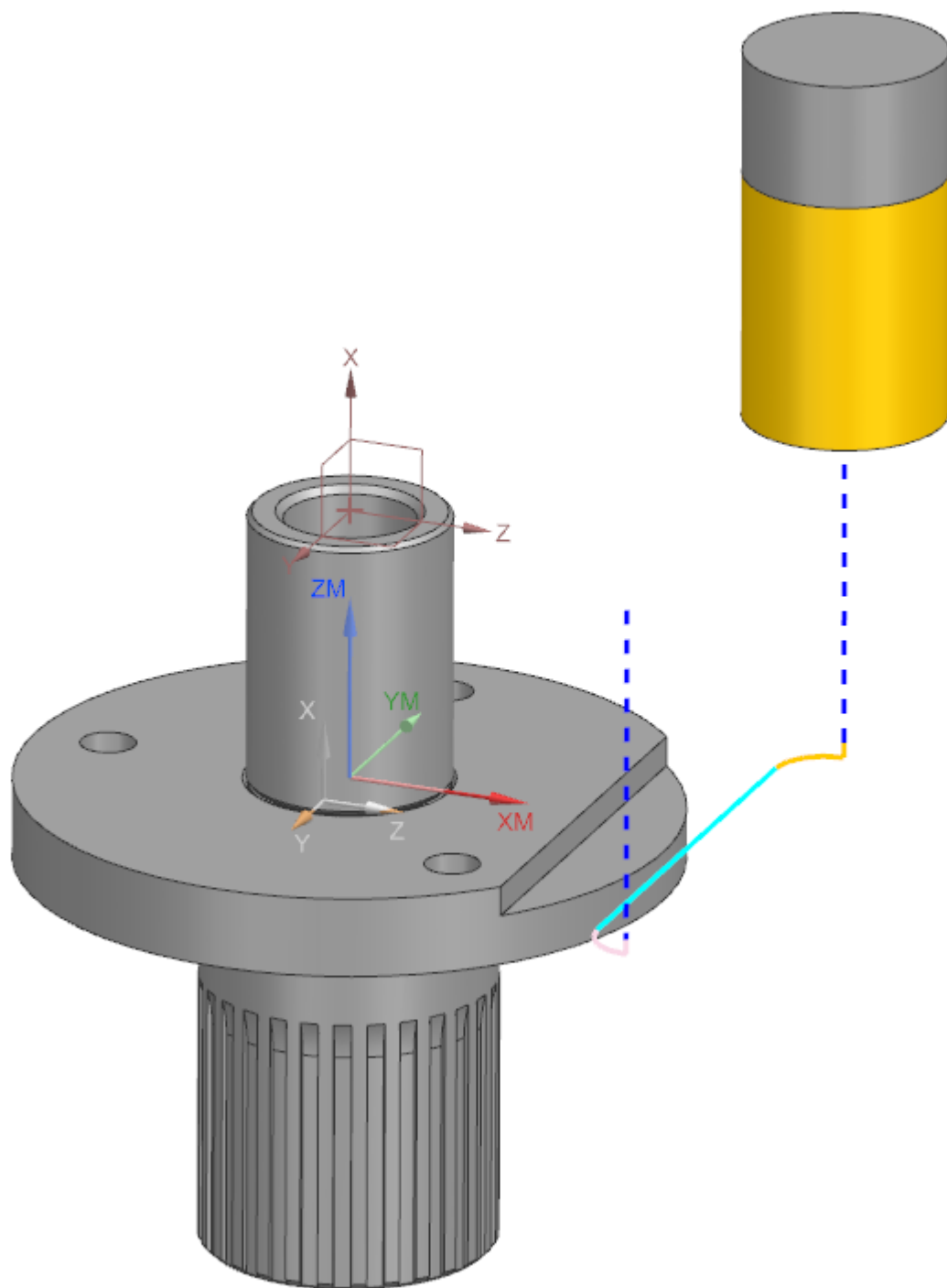


Рисунок 1.18 – Створення траєкторії руху інструмента

Для затиску деталі «Фланець» 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 пневмоциліндра 1, опори 2, на яку закріплюється стійка 3, та оправка 4. Опора 2 має 2 пази за допомогою яких пристосування закріплюється на столі верстата болтами М16. Центрування пристосування на верстаті відбувається за допомогою центратора 6.

Стійка 3 виконує опорну функцію. Таким чином на стійку 3 встановлюється оброблюєма деталь «Фланець». У стійку 3 запресовується палець 11, який додатково центрує деталь у пристосуванні по отвору $\varnothing 11$.

Оправка 4 призначена для центрування деталі у пристосуванні. Шайба 5 закріплює деталь та виконується розрізною для полегшого зняття її після обробки.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра 1, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вгвинчена шпилька 12. Зусилля, яке передається через шпильку 12 на гайку 7 та на шайбу 5, допомагає закріпити 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 «Фланець» встановлюється на опорну поверхню (площину) та центрується по циліндричному пальцю з вертикальною віссю (рис. 2.2).

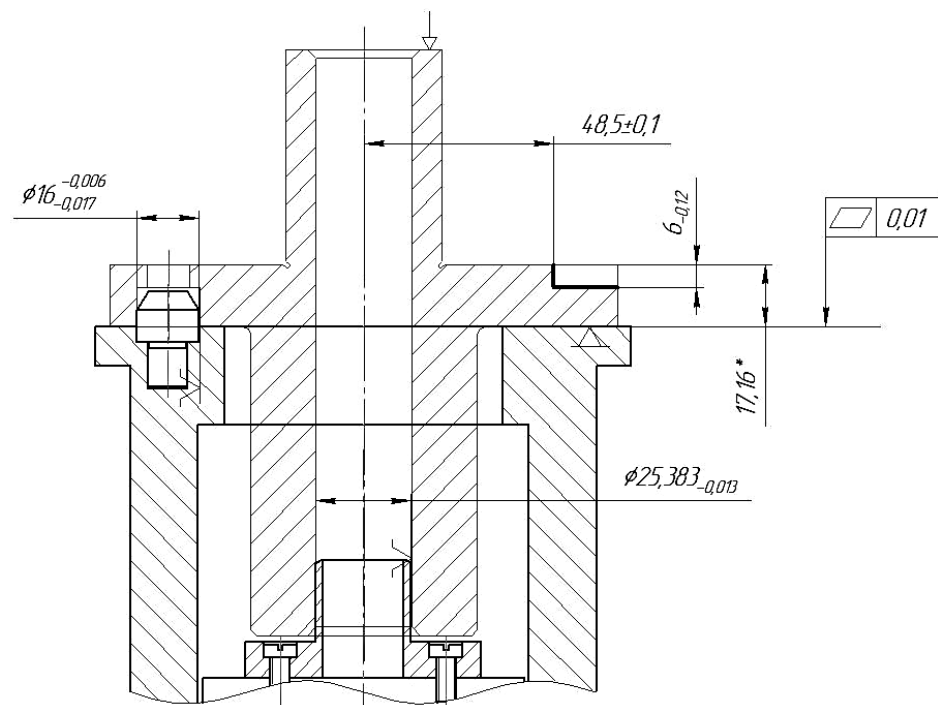


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі на площину

Визначаємо похибку встановлення на розміри $6_{-0,12}$ та $48,5 \pm 0,1$ під час фрезерування по [14, стр.51].

Похибка встановлення $\varepsilon_{\text{вст}}$, мм, визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.1)$$

де ε_3 — частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення, мм;

ε_6 — частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз, мм.

Похибка базування на розмір $48,5 \pm 0,1$ буде визначатись за формулою:

$$\varepsilon_{6_{48,5}} = S_{\text{max}} = T_0 = 0,084 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення по [14, стр.51] складає $\varepsilon_{3_{48,5}} = 40 \text{ мкм.}$

$$\varepsilon_{\text{вст } 48,5} = \sqrt{0,084^2 + 0,04^2} = 0,093 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення $48,5 \pm 0,1$ ($T_d = 0,2 \text{ мм}$), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Так як вимірювальна та установочна бази не співпадають для розміру $6_{-0,12}$, то похибка базування буде дорівнювати допуску на розмір між ними $\varepsilon_{6_6} = 0,06 \text{ мм.}$ Похибка закріплення по [14, стр.51] складає $\varepsilon_{3_6} = 25 \text{ мкм.}$

$$\varepsilon_{\text{вст } 6} = \sqrt{0,06^2 + 0,025^2} = 0,065 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення $6_{-0,12}$ ($T_d = 0,12 \text{ мм}$), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Визначимо розмір установка при фрезеруванні уступа на розмір $48 \pm 0,1$ (рис. 2.3). Товщина щупа $S = 3_{-0,006}$ мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

Визначаємо середній розмір $B_{\text{ср}}$, мм, обробки уступа:

$$B_{\text{ср}} = B - \frac{TB}{2} \quad (2.4)$$

де TB – допуск на виготовлення уступа, $TB = 0,12$ мм;

$$B_{\text{ср}} = 6 - \frac{0,12}{2} = 5,94 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка $H_{\text{ср}}$, мм:

$$H_{\text{ср}} = B_{\text{ср}} + S \quad (2.5)$$

$$H_{\text{ср}} = 5,94 + 3 = 8,94 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка T_H , мм, 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 отвору, $T_{\text{т.т.}} = 0,3$ 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].

$$T_H = 0,3 - 0,6 \cdot 0,02 = 0,288 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_H = 0,2$ мм.

Визначаємо виконавчий розмір установка: $\boxed{H} = 8,94^{+0,2} \text{ мм}$

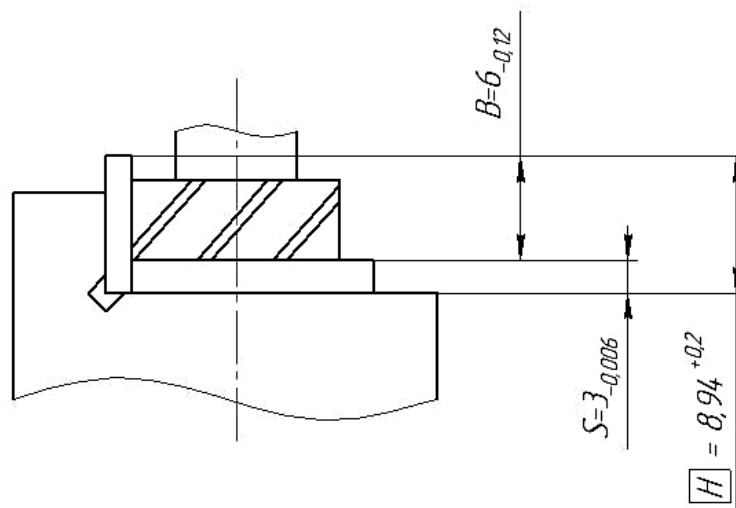


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для фрезерування уступа

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту, які складають $P_z = 1674,78$ Н, крутний момент $M_{кр} = 335$ Нм.

Зусилля затиску W , Н, 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], $k_2 = 1,0$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки, в умовах плавної обробки [14, стр.102], $k_3 = 1,2$;

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], $k_6 = 1,5$;

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 3,24$$

$$W = \frac{3 \cdot 3,24 \cdot 1674,78 \cdot (130^2 - 85^2)}{0,16 \cdot (130^3 - 85^3)} = 621,88 \text{ Н}$$

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

Визначаємо зусилля затиску Q , Н, за формулою:

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

де ρ - тиск повітря, $\rho = 0,4$ Мпа;

D – діаметр циліндра, мм;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta=0,85$;

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра D , мм:

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 621,88}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,85}} = 48,27 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр пневмоциліндра 50 мм, а діаметр штока 18 мм. Виходячи із стандартного діаметру пневмоциліндра розраховуємо дійсне зусилля затиску:

$$Q = 0,4 \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 0,85 = 667,3 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску складає 621,88 Н, а дійсна сила затиску 667,3 Н, то цієї сили достатньо для затиску деталі та даний пристрій забезпечить достатній затиск деталі для запобігання зсуву заготовки з пристрою.

2.2 Проектування і принцип роботи 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.

Контрольний пристрій призначен для перевірки радіального биття зовнішньої поверхні $\varnothing 40h5_{-0,011}$ відносно вісі деталі, яке повинно складати не більше 0,05 мм. Ескіз контрольного пристосування зображено на рис. 2.4.

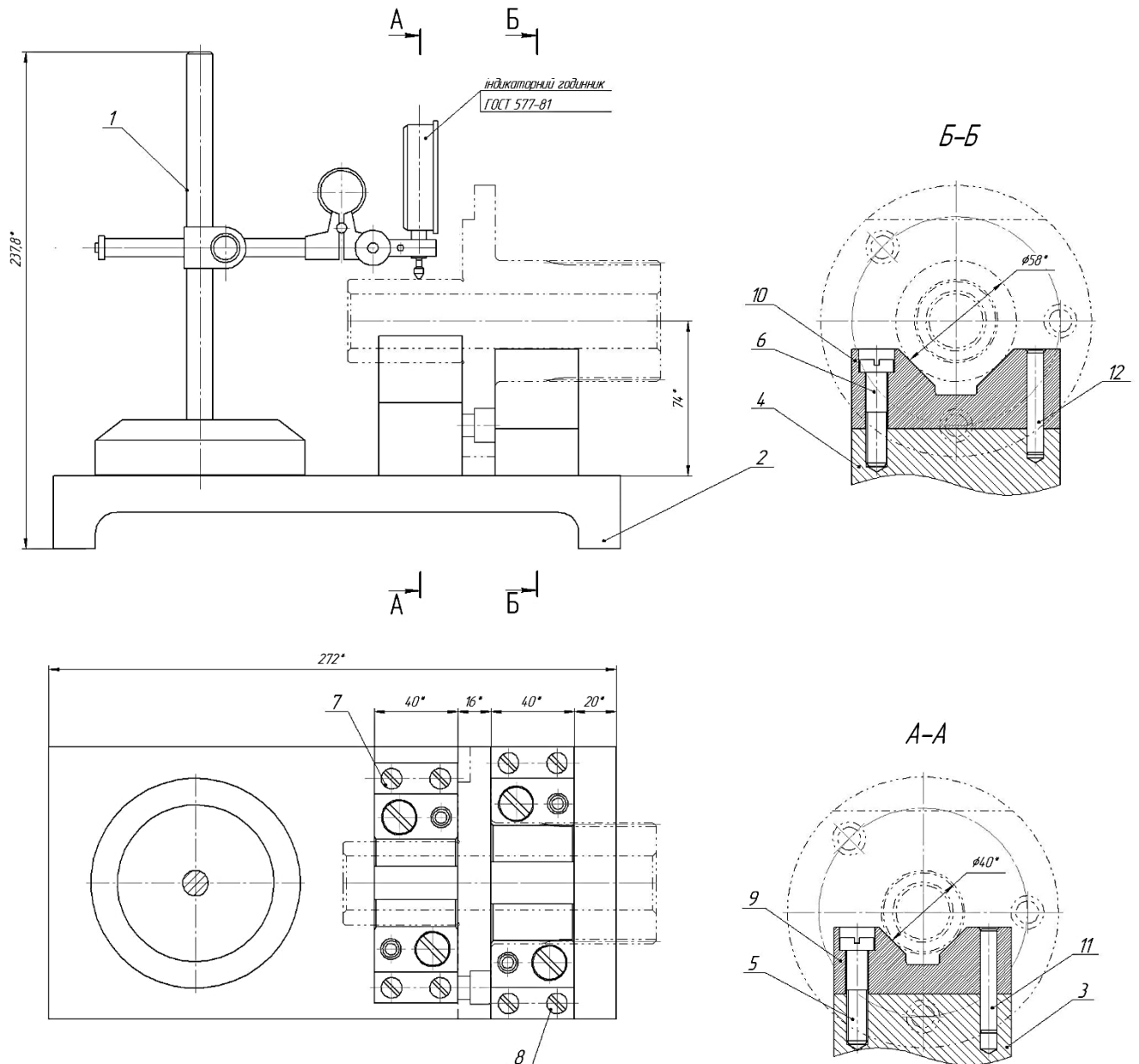


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

Пристрій складається з плити 2, на яку встановлюються опори 3 та 4 з призмами 9 та 10. Призми кріпляться за допомогою гвинтів 5, 6 та штифтів 11, 12. Деталь встановлюється у призми поверхнями $\varnothing 40$ та $\varnothing 58$, після чого до контролюємої поверхні підводиться стійка з індикаторним годинником та лімб

виставляється на нуль. Далі деталь прокручують у призмах 9 та 10 та фіксують значення найбільшого та найменшого значень биття. Різниця їх значень і буде дорівнювати дійсному значенню радіального биття поверхні.

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для шайби, яка використовується у пристосуванні для вертикально-фрезерної обробки на операції 050 під поз.5.

Запас міцності по напруженням k , 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 шайби (рис.2.5).

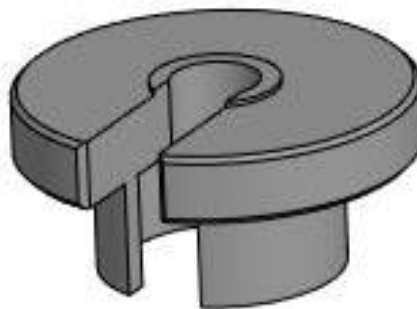


Рисунок 2.5 – 3д модель деталі «шайба» поз.5

Розбиваємо шайбу на сітку, прикладаємо навантаження, які діють на неї, та виконуємо розрахунок. Результат розрахунку показаний на рисунку 2.6.

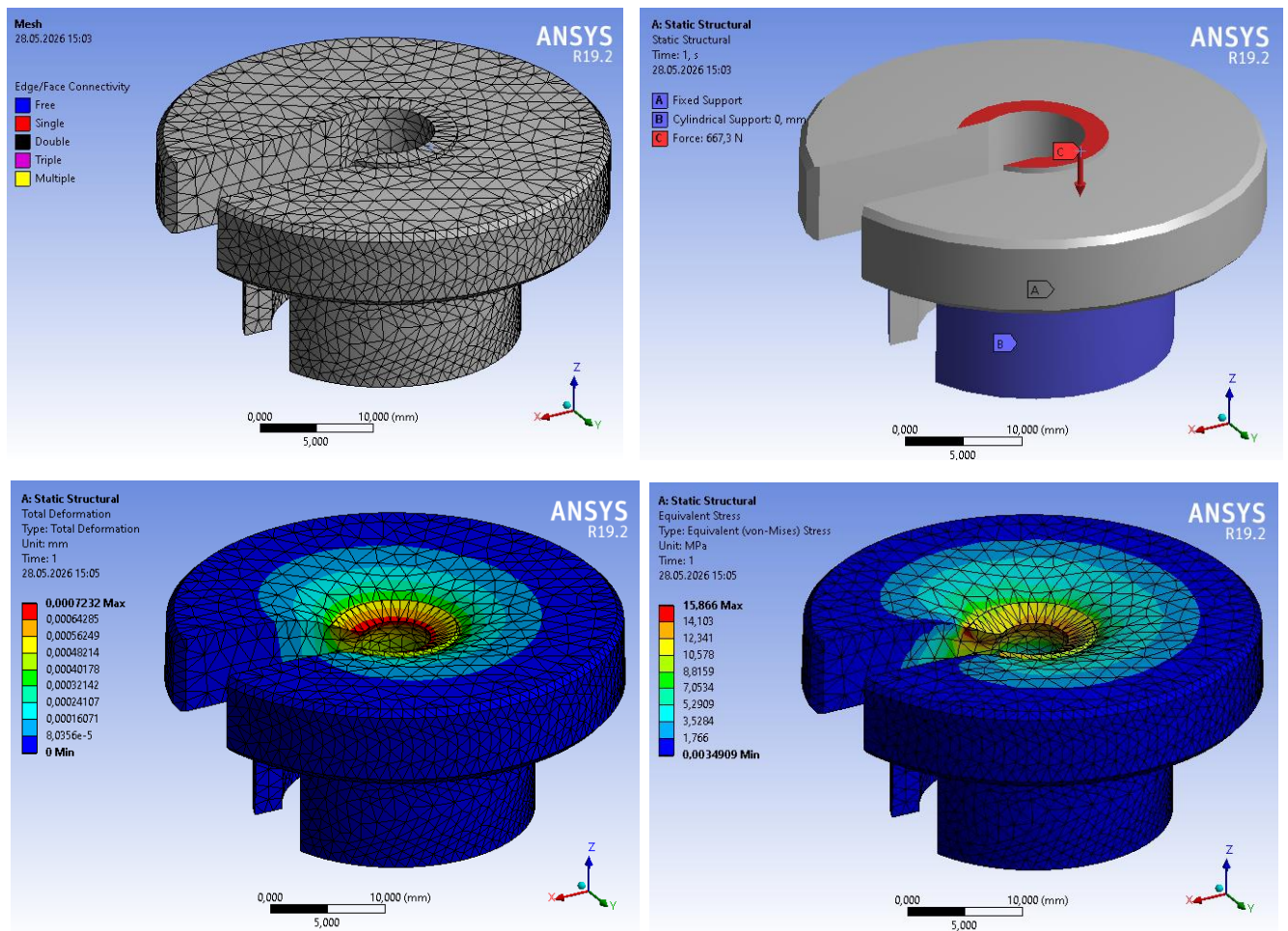


Рисунок 2.5 – Розрахунок на міцність шайби

Розрахунок показав, що значення найбільшої напруги складає 15,87 МПа.

Допустиме значення матеріалу шайби (сталь 40Х) при розтязі-стисканні складає 400 МПа , [16, стр.200, табл..9.1].

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 15,87 = 23,81 \text{ МПа} \leq 400 \text{ МПа}$$

Таким чином, максимальна напруга менше за допустиму, це означає, що параметри деталі обрані правильно.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 4500$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На ділянці окрім деталі «Фланець» виробляються наступні деталі: вал передній ($N = 5500$ шт), втулка ($N = 5500$ шт), перехідник ($N = 2500$ шт), вал шліцьовий ($N = 3000$ шт).

Визначаємо розрахункову кількість верстатів S_{Pi} , шт, за формулою:

$$S_{Pi} = \frac{\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i}{F_d \cdot m \cdot 60} \quad (3.1)$$

де i – номер технологічної операції;

$t_{ш.к.}$ –штучно-калькуляційний час, розрахований попередньо у розділі 1.7;

m –кількість робочих змін;

Розраховуємо кількість верстатів за формулою (3.1) для кожної механічної операції, та приймаємо цю кількість шляхом округлення до цілого числа.

$$S_{P015} = \frac{190149}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 0,79,$$

приймаємо $S_{n015} = 1$ верстат

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження верстата k_{3i} , за формулою:

$$k_{3i} = \frac{S_{Pi}}{S_{ni}} \quad (3.2)$$

де S_{Pi} –розрахункова кількість верстатів;

S_{ni} –прийнята кількість верстатів;

$$k_{3015} = \frac{0,79}{1} = 0,79$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження ділянки $\overline{k_3}$, за формулою:

$$\overline{k_3} = \sum S_p / \sum S_n \quad (3.3)$$

$$\overline{k_3} = 17,36/22 = 0,79$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження обладнання

№ оп.	Найменування операції	Модель обладнання	$\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i$	S_p , шт..	S_n , шт..	k_3
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарна	16K20	350991	1,46	2	0,73
020	Токарна	16K20	342807	1,43	2	0,71
030	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	618069	2,57	3	0,86
035	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	635801	2,64	3	0,88
040	Вертикально-свердлильна з ЧПК	Cormak mill1042	180774	0,75	1	0,75
050	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Cormak mill1042	360929	1,50	2	0,75
055	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	369278	1,54	2	0,77
060	Зубофрезерна	53A50	595797	2,48	3	0,83
065	Токарна з ЧПК	L200-M	347575	1,45	2	0,72
070	Внутрішньо-шліфувальна	3K228B	424913	1,77	2	0,88
075	Хонінгування	Sunnen Eclipse CE 3500	397173	1,65	2	0,83
080	Хонінгування	Sunnen Eclipse CE 3500	382659	1,59	2	0,80
	Всього:	-		20,82	26	$\overline{k_3} = 0,80$

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

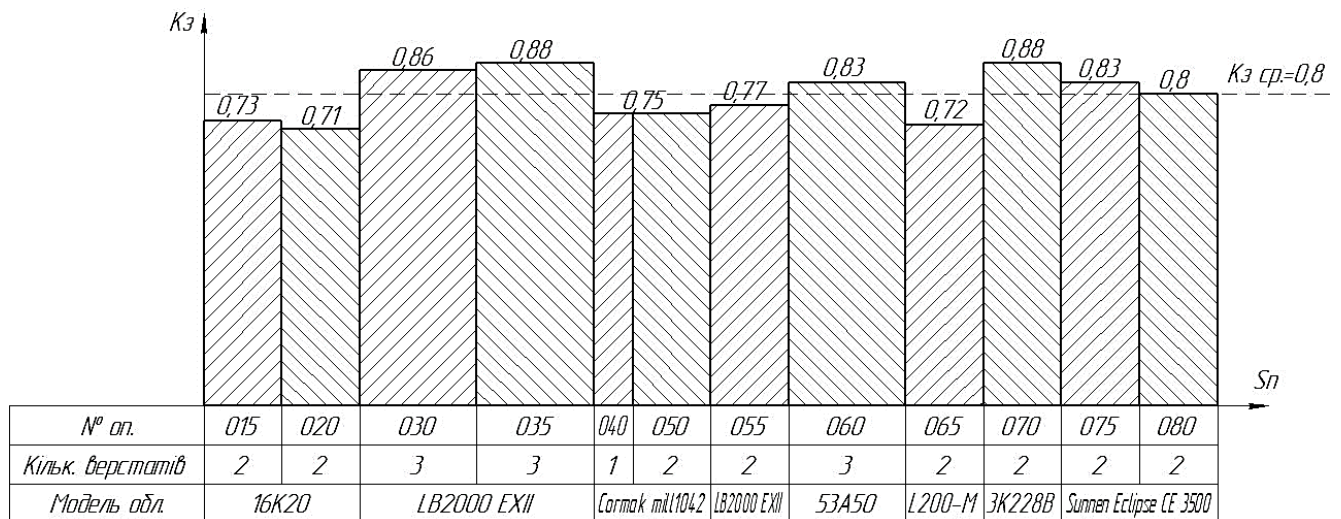


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

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, за формулою:

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

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.030: $2,88 \geq 0,95 + 0,2 = 1,15$ – умова виконується;

Оп.035: $2,91 \leq 1,05 + 0,2 = 1,25$ – умова виконується;

Оп.050: $0,74 \geq 0,29 + 0,2 = 0,49$ – умова виконується;

Оп.055: $0,98 \geq 0,65 + 0,2 = 0,85$ – умова виконується;

Оп.065: $0,94 \geq 0,54 + 0,2 = 0,74$ – умова виконується;

Розраховуємо кількість верстатів, яке може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні обслуговування, m_s , шт, 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.

Число операторів в зоні багатостаночного обслуговування, R_i , оп., за формулою:

$$R_i = \frac{S_i}{m_{si}} \quad (3.6)$$

де S_i – кількість прийнятих верстатів на операції, що перевіряється;

i – номер зони обслуговування;

Для інших операцій розрахунок кількості основних виробничих робітників R , чол., визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\sum t_{\text{шт.к.}} \cdot N}{F_{\text{др}} \cdot 60} \quad (3.7)$$

де $F_{\text{др}}$ – фонд роботи працюючих, $F_{\text{др}} = 2004$ год;

$$m_{s\ 030} = \frac{3,83}{0,95 + 0,2} = 3,3 = 4 \text{ верстата}$$

$$R_{030} = 3/4 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 035} = \frac{3,96}{1,05 + 0,2} = 3,2 = 3 \text{ верстата}$$

$$R_{035} = 3/3 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 050} = \frac{1,03}{0,29 + 0,2} = 2,1 = 1 \text{ верстата}$$

$$R_{050} = 2/2 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 055} = \frac{1,63}{0,65 + 0,2} = 1,9 = 2 \text{ верстата}$$

$$R_{055} = 2/2 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 065} = \frac{1,48}{0,54 + 0,2} = 2 \text{ верстата}$$

$$R_{065} = 2/2 = 1 \text{ оператор}$$

Оператори з ЧПК (оп.040):

$$R_{\text{оп.ЧПК.}} = \frac{180774}{2004 \cdot 60} \approx 2 \text{ чол.}$$

Токарі (оп.015, 020):

$$R_{\text{ТОК.}} = \frac{693798}{2004 \cdot 60} \approx 6 \text{ чол.}$$

Зубофрезерувальники (оп.060):

$$R_{\text{зф.}} = \frac{595797}{2004 \cdot 60} \approx 5 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.070):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{424913}{2004 \cdot 60} \approx 4 \text{ чол.}$$

Хонінгувальники (оп.075, 080):

$$R_{\text{хон.}} = \frac{779832}{2004 \cdot 60} \approx 7 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці $\sum R = 29$ чол.

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 , грн., 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 , грн., 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, $\Pi = 4500$ 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 витрат на виготовлення пристосування S , грн., 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

$$S_a = 150 \cdot 5 = 750 \text{ грн,}$$

$$\begin{aligned}
 S_B &= 75 \cdot 5 = 375 \text{ грн}, \\
 q_a &= 0,2 \cdot 750 = 150 \text{ грн}, \\
 q_B &= 0,2 \cdot 375 = 75 \text{ грн}
 \end{aligned}$$

Для підрахування заробітної плати робітника 3, грн., використовуємо формулу:

$$3 = t_{\text{шт}} \cdot 3_{\text{хв}} \quad (4.4)$$

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

$3_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника, грн. Приймаємо за [17, стр.32, додаток А] $3_{\text{хв}} = 0,96$ грн. для робітника 4-го розряду, $3_{\text{хв}} = 1,085$ грн. для робітника 5-го розряду.

$$\begin{aligned}
 3_a &= 1,96 \cdot 0,96 = 1,88 \text{ грн}, \\
 3_B &= 2,57 \cdot 1,085 = 2,79 \text{ грн}.
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 C_a &= 1,88 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{750}{4500} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{150}{100}\right) = 5,95 \text{ грн} \\
 C_B &= 2,79 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{375}{4500} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{75}{100}\right) = 8,52 \text{ грн}
 \end{aligned}$$

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

$$\Pi_k = \frac{(S_a - S_B) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(3_B - 3_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.5)$$

$$P_k = \frac{(750 - 375) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{150}{100}\right)}{(2,79 - 1,88) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 344 \text{ шт.}$$

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

Протипожежна безпека на підприємстві в Україні – невіддільна частина організації робочого простору і процесів згідно з нормами чинного законодавства, [18].

Зокрема, цю сферу регламентують Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України, зі змінами, які періодично вносяться відповідними наказами, [18].

Зафіксовані на законодавчому рівні вимоги пожежної безпеки зобов'язані виконувати – незалежно від приналежності та розміру статутного капіталу, обороту, кількості співробітників, форми власності, кодів ЗЕД, сфери роботи та інших аспектів – будь-які суб'єкти, що ведуть свою господарську діяльність на українській території, [18].

Тому необхідно бути в курсі цих змін і коригувати організаційну роботу в даному секторі на виробництвах і в компаніях, [18].

А для цього слід регулярно проводити моніторинг нормативної бази та проходити відповідне навчання, щоб оновити не лише теоретичну базу, а й практичні навички співробітників, [18].

Пожежна безпека входить в комплекс заходів з охорони праці, і організаційна робота в цій сфері на об'єктах господарювання включає широкий спектр заходів, а саме:

- створення умов для безпечної праці,
- мінімізації ризику виникнення пожеж,
- своєчасне і повноцінне забезпечення технічними засобами для запобігання займання та усунення самих пожеж та їх наслідків,
- контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства,
- розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації та порятунку з місць пожежі й задимлення людей і майна (матеріальних цінностей),
- внутрішнє і зовнішнє навчання співробітників.

У разі, якщо підприємство орендує площі в іншої особи, сторони повинні в письмовій формі домовитися про те, хто з них і на яких умовах здійснює ці роботи, [18].

Вимоги до пожежної безпеки на підприємстві неухильно повинен дотримуватися кожен співробітник, а організаційна складова при цьому покладається на посадових осіб за відповідним рішенням керівництва і прописується в посадових інструкціях і положеннях по структурним підрозділам, [18].

Зокрема, вказуються конкретні території, ділянки, зони, об'єкти, цілі будівлі і їх частини, поверхи, на яких відповідального співробітника повинне проводити такі організаційні роботи, [18].

Відповідальні особи зобов'язуються розробити, впровадити та підтримувати в певному інструкцією і положенням на ввірених їм об'єктах протипожежний режим і інструкції відповідно до вимог, викладених в нормативних актах, [18].

Передбачено також створення підрозділу добровільної пожежної охорони та пожежно-рятувальної команди в його складі, [18].

Один із обов'язків керівника підприємства – організація процесу навчання та контролю знань у співробітників у питаннях охорони праці та пожежної безпеки на підприємстві. Для структурних підрозділів (цеху, майстерні, ділянки, відділи) такі інструктажі мають проводити їх керівники або інші особи. Наказом керівника затверджується порядок та строки проведення таких інструктажів для кожного підрозділу. Крім того, затверджується:

- перелік посад, при призначенні на які особа повинна бути проінструктована з питань пожежної безпеки на підприємстві;
- запитання, що входять до інструктажу, з якими мають бути ознайомлені працівники;
- терміни та періодичність інструктажу, [19].

Щоб отримати право на інструктаж, потрібно організувати курс навчання та спеціальної підготовки, підтверджене відповідним посвідченням. Для співробітників, які приймаються до штату підприємства з підвищеним рівнем

пожежної небезпеки, передбачено проходження спеціального навчання – це пожежно-технічний мінімум. Навчання та перевірка знань для посадових осіб проводиться кожні 3 роки. Для працівників передбачені щорічні інструктажі за правилами ПБ, [19].

Існує кілька типів інструктажів щодо дотримання протипожежної безпеки на підприємстві. Вони можуть бути первинними, повторними, вступними, цільовими та позаплановими, [19].

- Вступний інструктаж – необхідний для знайомства з системою пожежної безпеки, є обов’язковим не тільки для співробітників, що знову приймаються, але також для відрядження і практикантів.

- Первинний інструктаж – для новонароджених, а також працівників зі стажем, які були переведені з іншого підрозділу, знайомить із правилами захисту від пожежі на робочих місцях. Такий вид інструктажу є обов’язковим для працівників, залучених для участі у будівництві, монтажі обладнання та інших допоміжних видах діяльності.

- Повторний інструктаж проводиться щорічно та необхідний для закріплення отриманих знань.

- Позаплановий інструктаж є наслідком внесення змін до технології виробництва або після надзвичайної ситуації, пожежі.

Для фіксації результатів інструктажів на підприємстві ведуть «Журнал реєстрації інструктажів», [19].

Відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту та Правил пожежної безпеки України, керівникам та власникам підприємств покладено обов’язок введення та підтримки протипожежного режиму на підприємстві. Один із державних стандартів визначає це поняття, як зведення правил, що регламентують поведінку людей, експлуатацію об’єктів нерухомості та здійснення виробничих процесів. Проте керівник наділений правом передавати цю частину своїх обов’язків одному із співробітників, який призначається відповідальним за пожежну безпеку відповідним наказом на підприємстві, [19].

Співробітник, який відповідає за пожежну безпеку, зобов’язаний:

- розробляти та вести відповідну документацію, включаючи журнали обліку, накази, інструкції;
- займатися організацією навчання та інструктажем;
- стежити за станом протипожежного інвентарю;
- своєчасно складати звіти контролюючим органам, сприяти при позапланових перевірках, [19].

Але найважливіше завдання такого співробітника – грамотно організувати евакуацію співробітників та врятувати матеріальні цінності у разі реальної загрози пожежі, [19].

ВИСНОВКИ

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

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

Для фрезерування 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 «фланець» 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. А. П. Гуляєв, В. Д. Кальнер, І. С. Козловський. Термічна обробка в машинобудуванні: Справоч- Т35 нік / За редом Лахтіна, А. Г. Рахштадта. - Машинобудування, 1980. 783 с., Іл. М.:
4. Методичні вказівки до дипломного проектування 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 технологічних 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. Плескач, І.В. Акімов – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 1. / [під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 694 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 2. / [під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 652 с.
8. Косілова А.Г. Точність обробки, заготівлі та припуски в машинобудуванні / О.Г. Косілова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калінін. - М.: Машинобудування, 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. Нефьодов Н.А. Збірник завдань та прикладів з різання металів та різального інструменту: навч. Посібник [для технікумів на предмет «Основи вчення про різання металів та ріжучий інструмент»] / Н. А. Нефьодов, К. А. Осипов. - 5-те вид., Перероб. І дод. - М.: Машинобудування, 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. Довідник нормувальника-машинобудівника. Том II. Технічне нормування верстатних робіт. За редакцією Е.І.Стружестраха. - Москва, 1961. - 890с.

14. В.А. Богуслаєв, В.А. Леховіцев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої»- Запоріжжя, ВАТ «Мотор Січ» 2000р. - 461 с.

15. Ансер М.А. Пристосування для металорізальних верстатів/М.А. Ансерів. - М.: Машинобудування, 1975. - 447 с.

16. Корсаков В.С. Основи проектування пристроїв/В.С. Корсаків. - М.: Машинобудування, 1983. - 248 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: <https://profiteh.ua/pozhezhna-bezpeka-na-pidpriyemstvi-pravyla-ta-orhanizatsiia/>

19. Електронний ресурс: <https://www.inbez.com.ua/blog/pro-kursi/pozhezhna-bezpeka-na-pidpriyemstvi/>

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документація			
					НЧЗП 29124.1.003 СБ	Складальне креслення			
						Складальні одиниці			
Справ. №				1	НЧЗП 29124.1.003.01 СБ	Пневмоциліндр 1011-50x20 УХЛ4			
						ГОСТ 15608-81	1		
							Деталі		
				2	НЧЗП 29124.1.003.02	Опора	1		
				3	НЧЗП 29124.1.003.03	Стійка	1		
				4	НЧЗП 29124.1.003.04	Опора	1		
				5	НЧЗП 29124.1.003.05	Шайба	1		
				6	НЧЗП 29124.1.003.06	Центратор	1		
						Стандартні вироби			
				7		Гайка М8			
						ГОСТ 4035-2015	1		
				8		Гвинт М6х35			
						ГОСТ 7048-2013	5		
				9		Гвинт М8х18			
						ГОСТ 1491-80	6		
				10		Гвинт М5х12			
						ГОСТ 1491-80	4		

[illegible]

ДОДАТОК Б
Керуюча програма

```
TOOL PATH/FLOOR_WALL,TOOL,MILL
TLDDATA/MILL,40.0000,0.0000,75.0000,0.0000,0.0000
MSYS/-55.0000,0.0000,0.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
LOAD/TOOL,1,ADJUST,1
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/78.5000,60.1574,65.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/78.5000,60.1574,-3.0000
PAINT/COLOR,42
FEDRAT/MMPM,250.0000
GOTO/78.5000,60.1574,-6.0000
CIRCLE/78.5000,50.1574,-6.0000,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000,10.0000,0.0200,0.5000,40.0000,0.0000
GOTO/68.5000,50.1574,-6.0000
PAINT/COLOR,31
GOTO/68.5000,-43.2754,-6.0000
PAINT/COLOR,37
CIRCLE/78.5000,-43.2754,-6.0000,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000,10.0000,0.0200,0.5000,40.0000,0.0000
GOTO/78.5000,-53.2754,-6.0000
GOTO/78.5000,-53.2754,-3.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/78.5000,-53.2754,65.0000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
```

ДОДАТОК В
Технологічні карти

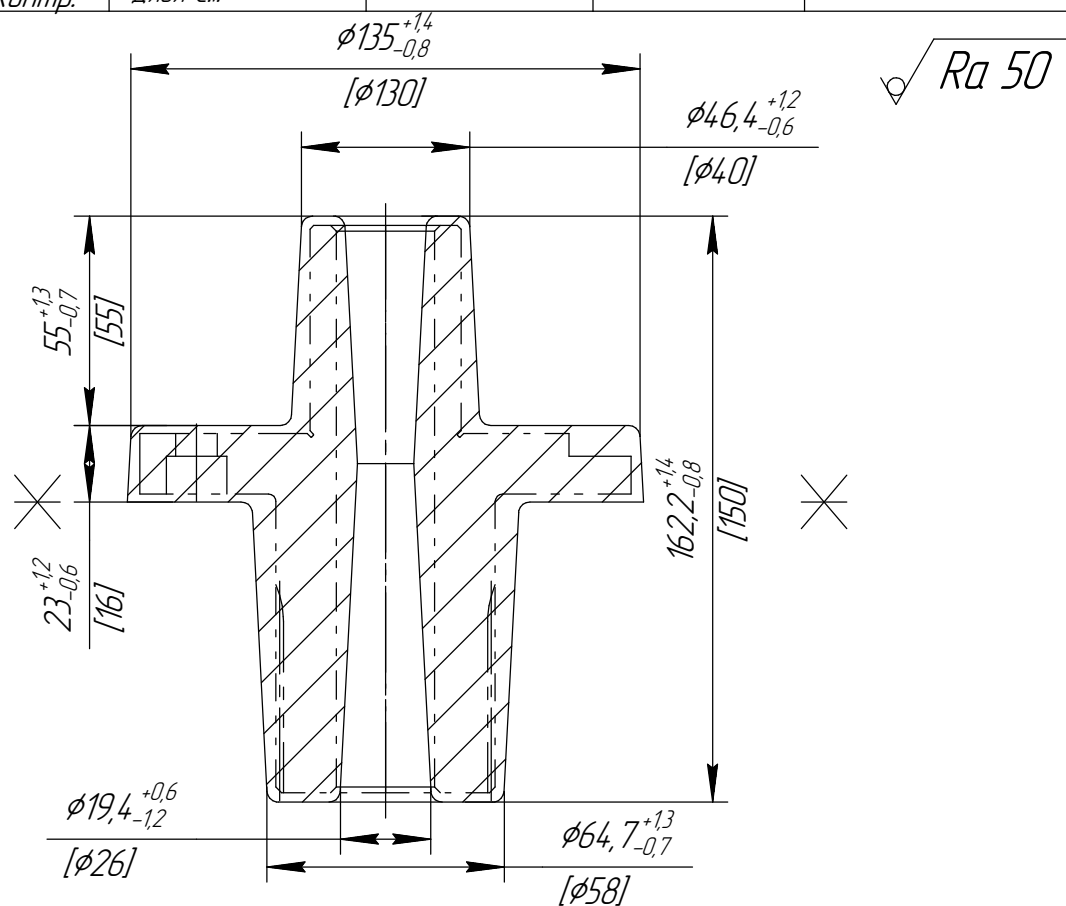
[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

				НУЗП 0214.1.26003		1	1
Розроб.	Дзюда Д.В.			НУЗП	НУЗП 71124.1.003		
Перевірив	Вишнепольський Є.В.						
				Фланець			005
Н.контр.	Дядя С.І.						



Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	код	код та вид	Профіль та розміри	
Сталь 45 ДСТУ 7809-2015		Штамповка ГОСТ 7505-89	Ø135x162,2	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
			163...179 HB	3,06
Сортамент		Допустима кривизна		Квм
		0,5 % довжини		0,71
Розмір вихідного матеріалу (розмір листа, прутка)	Кільк. дет. з заготовки	Норма витрат		
		розмір листа, прутка	Маса	
Ø52x75	1		4,33	

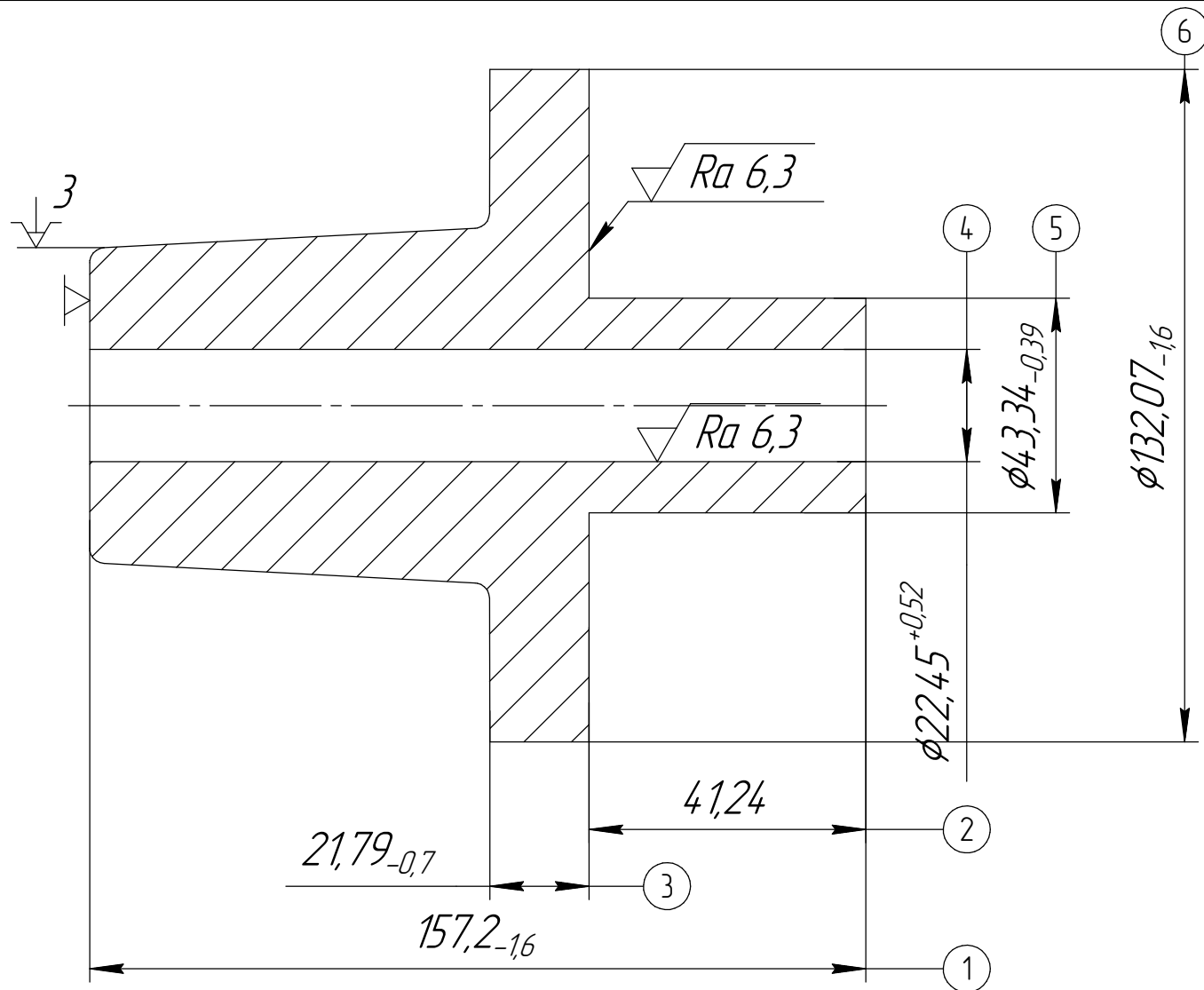
1. Заготівка – штамповка. Група контролю III по ОСТ 1 90074–72.
2. Твердість 163...179НВ.
3. Невказані радіуси округлень R3
4. Невказані штампувальні нахили 3°
5. Зміщення штампів не більше 0,5 мм

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.26003			1	1

Розроб.	Дзюба Д.В.			НУЗП	НУЗП 71124.1.003		М-112.2014.1.00015
Перевір.	Вишнепольський Є.В.						
Н. контр.	Дядя С.І.			Фланець			015



✓ Ra 12,5 (✓)

* – Розміри для довідок

[illegible]

[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.26003

1

1

Розроб. Дзюба Д.В.

НУЗП

НУЗП 71124.1.003

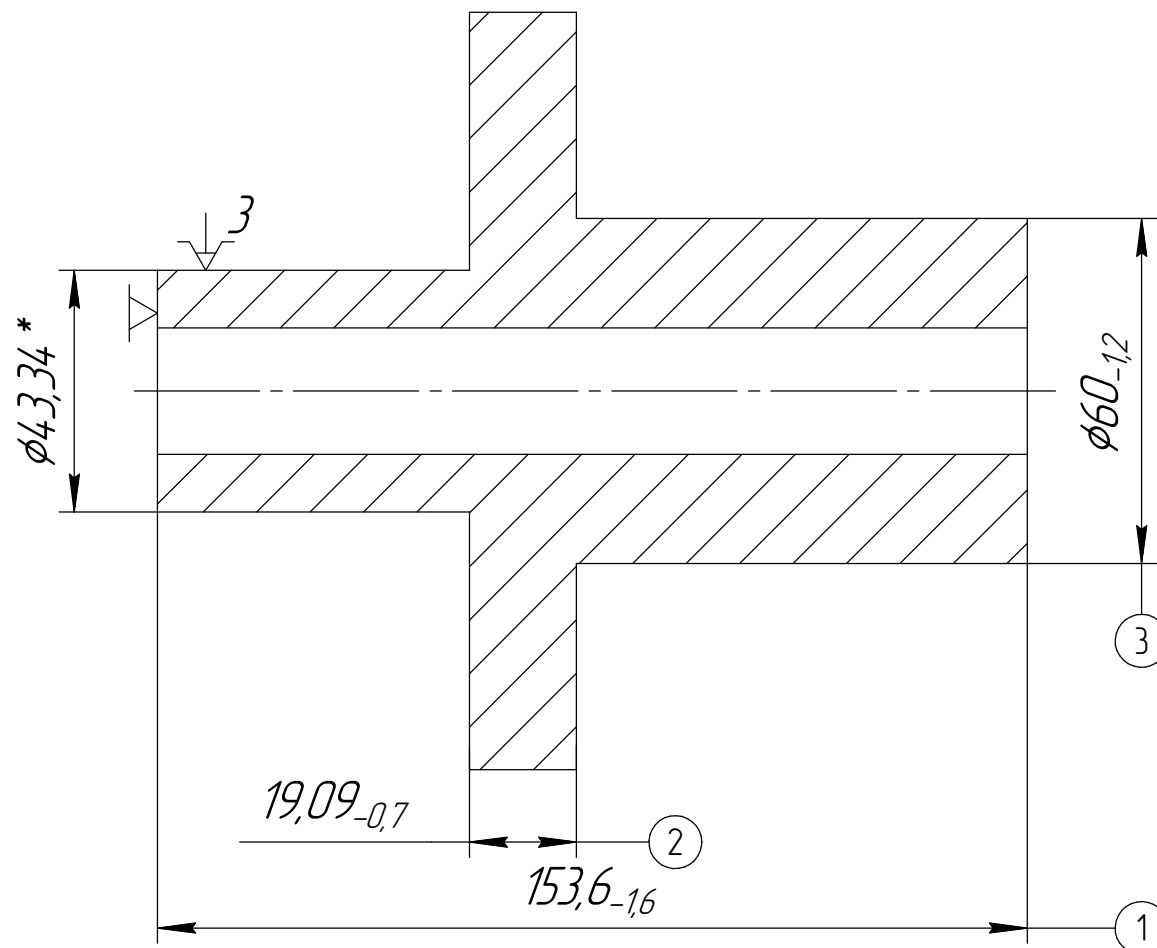
М-112.2014.1.00020

Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Фланець

020

 Ra 12,5

* – Розміри для довідок

KE

[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

1007 21404 00				1007 21404 00

										НУЗП 0214.126003			2			
										НУЗП 71124.1.003			М-112.6014.1.00020		020	
P									ПИ	D или B	L	t	l	s	n	v
P 01									02	132,07	118,68	2,7	1	0,6	250	103,7
02																
O 03	4. Зняти деталь															t _{сн} =0,1
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
OK																

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.26003

1

1

Разроб. Дзюба Д.В.

НУЗП

НУЗП 71124.1.003

М-112.2014.1.00040

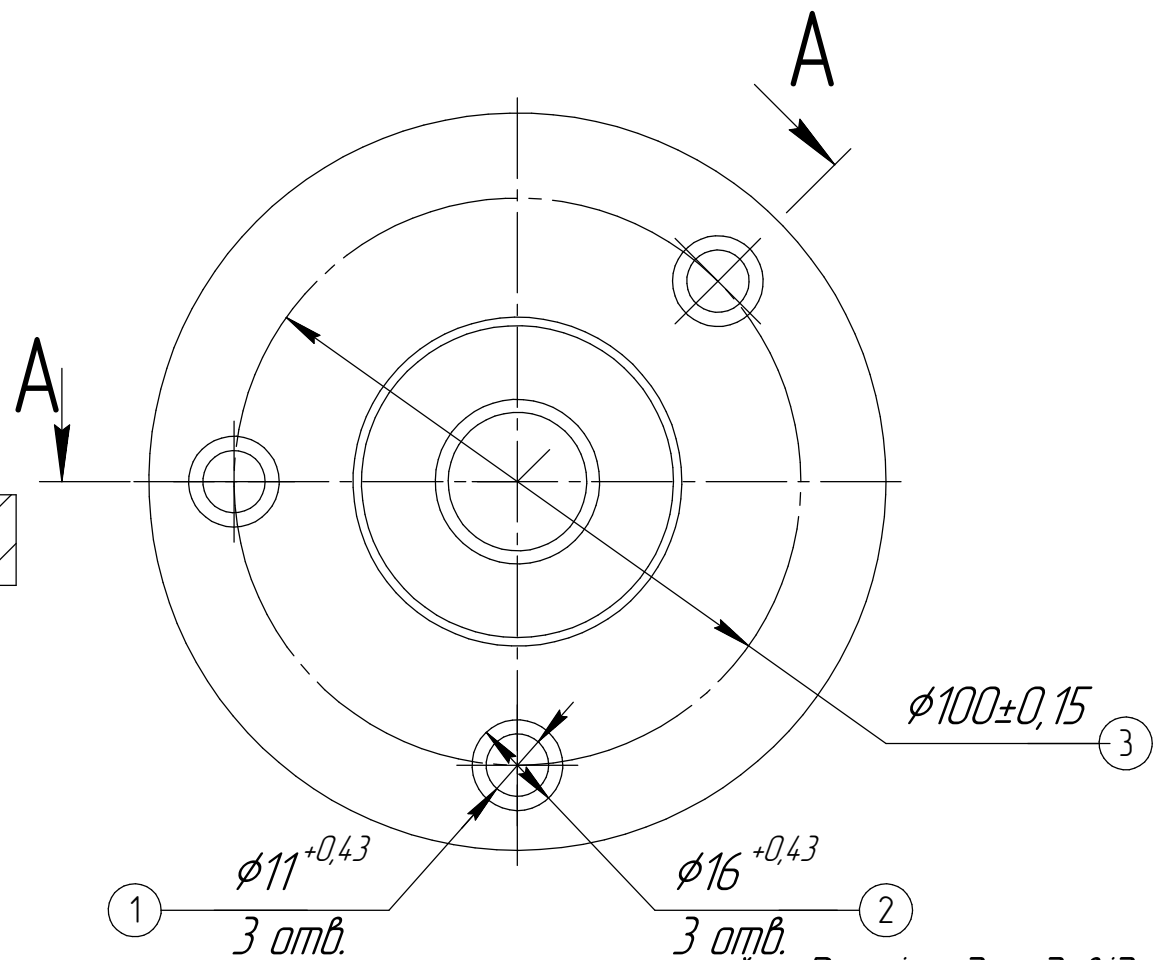
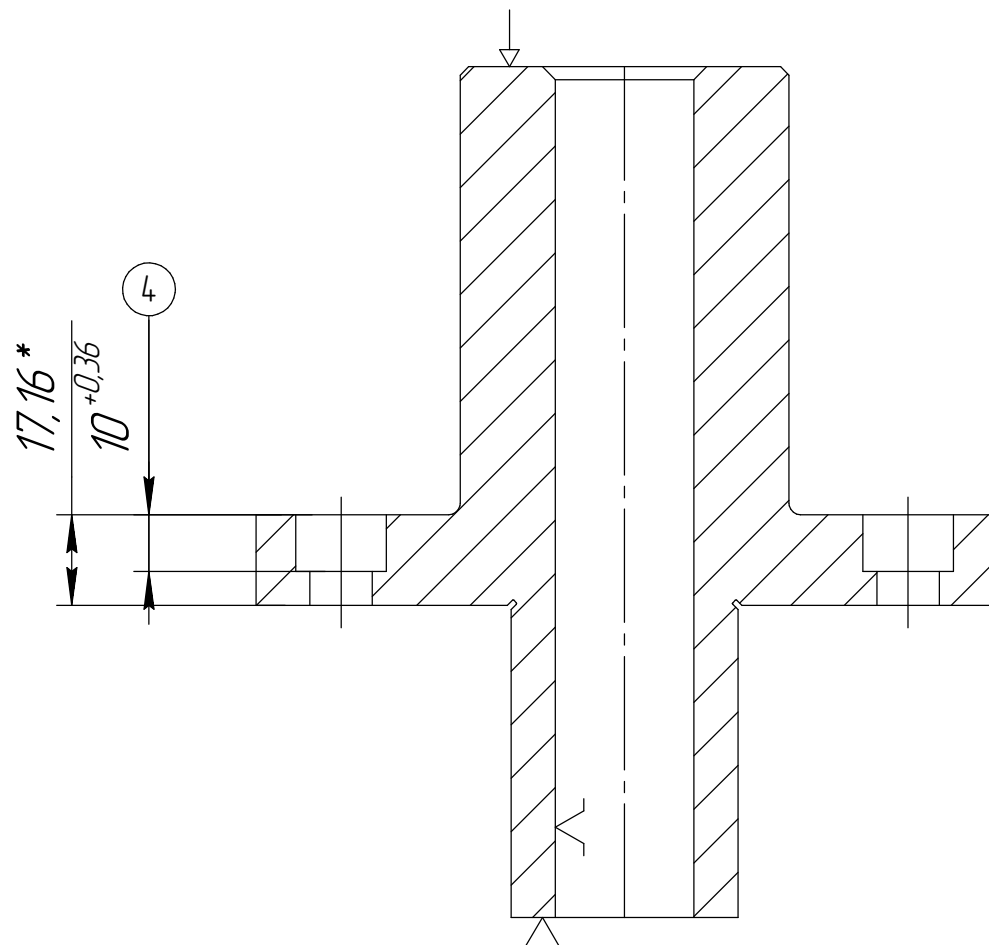
Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Фланець

040

A-A

 Ra 6,3

* - Розміри для довідок

KE

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

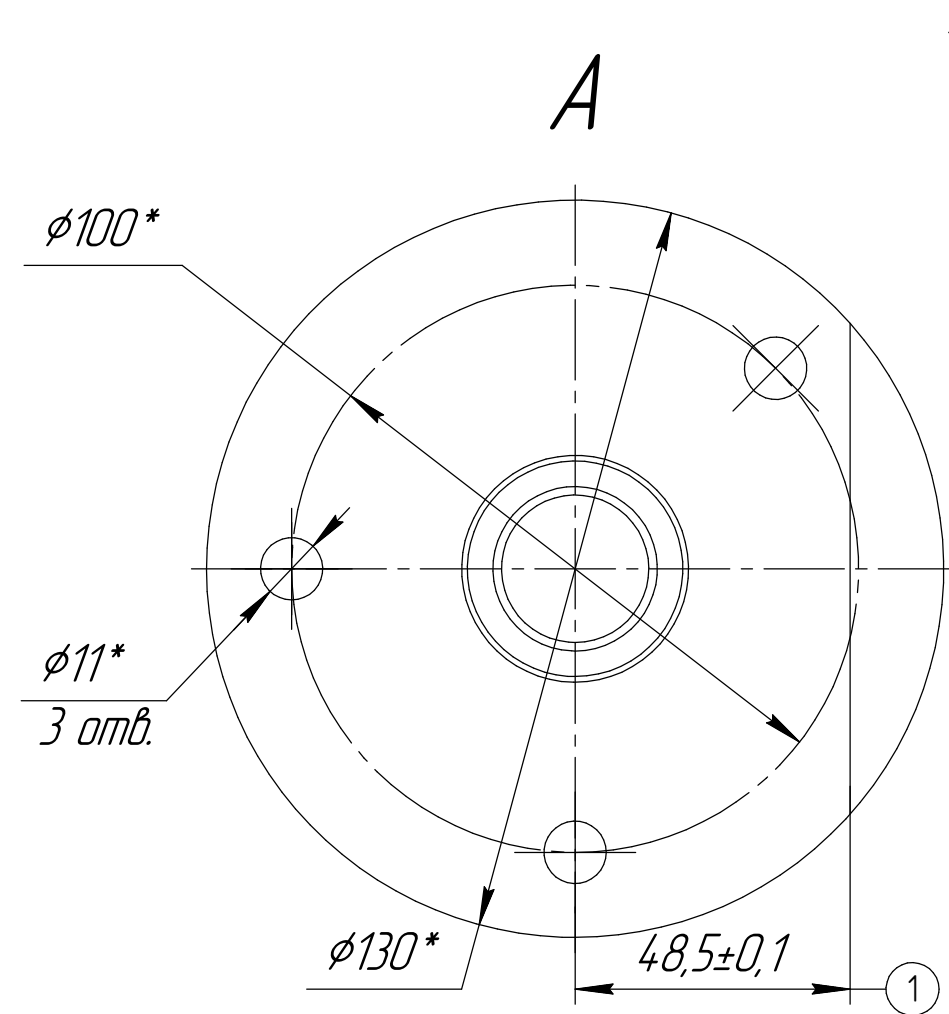
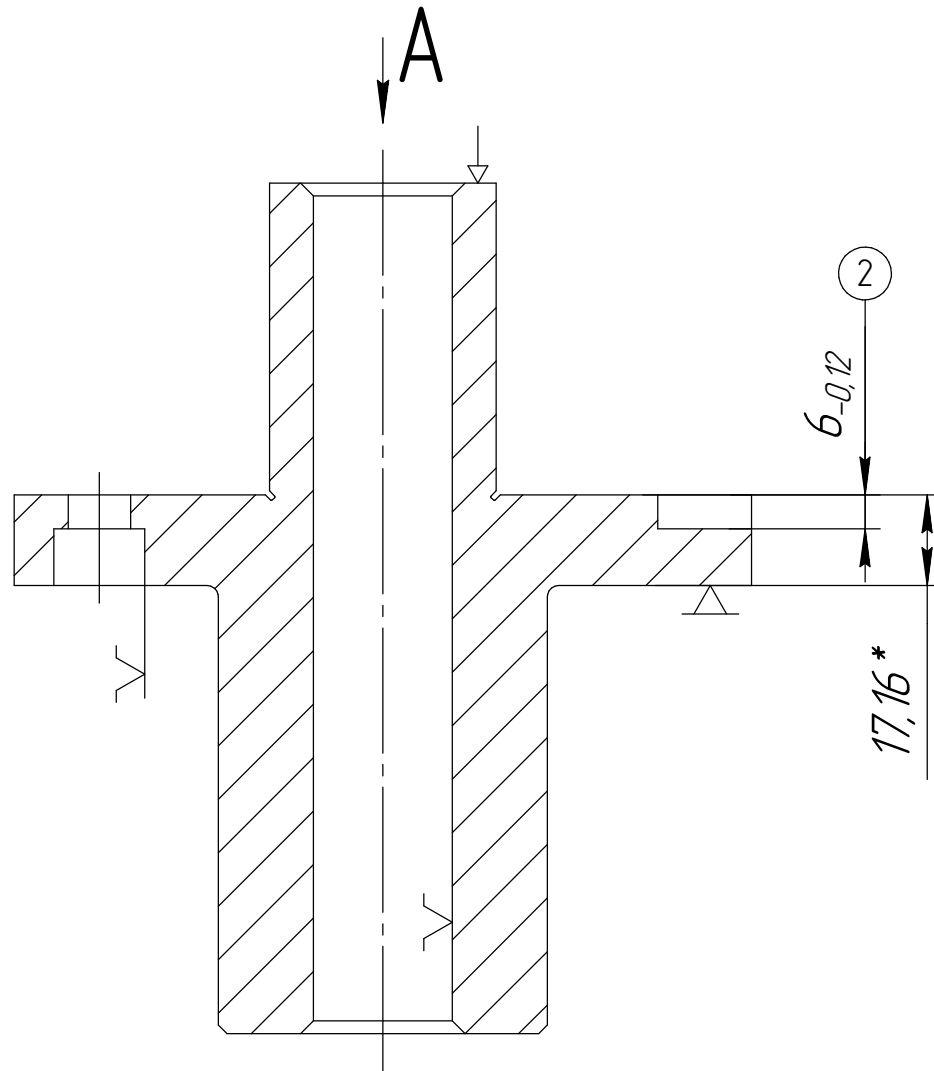
7067 2.1404-00				Формула 2а

											НУЗП 0214.126003			2			
											НУЗП 71124.1.003			М-112.6014.1.00040		040	
Р									ПМ	Д или В	Л	т	l	s	п	v	
Р 01									02	16	23	8	3	0,2	1500	75,4	
02																	
0 03		6. Зняти деталь														t _{сн} =0,1	
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
OK																	

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.26003			1	1

Разроб.	Дзюба Д.В.			НУЗП	НУЗП 71124.1.003		М-112.2014.1.00050
Перевір.	Вишнепольський Є.В.						
Н. контр.	Дядя С.І.			Фланець			050



$\nabla Ra 3,2$

* – Розміри для довідок

[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

7067 2.1404-00				Формула 2а

											НУЗП 0214.126003			2			
											НУЗП 71124.1.003			М-112.6014.1.00040		040	
Р								ПН	Д или В	Л	т	l	s	п	v		
Р 01								02	16	23	8	3	0,2	1500	75,4		
02																	
03		6. Зняти деталь													t _{сн} =0,1		
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
OK																	