

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» _____

_____ СУДНИК Г.В. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____ ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____ ШИРОКОБОКОВ В.В. _____

(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)

СУДНИК Ганні Володимирівні

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)

_____ Ганна СУДНИК
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

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

РЕФЕРАТ

ПЗ: 122 с., 12 табл., 9 рис., 3 дод., 18 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 обгрунтовано. 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 міцносні характеристики деталі.

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

.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	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	16
1.4.1 Вибір технологічних баз	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	17
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	25
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	25
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	29
1.6 Розрахунок режимів різання	38
1.6.1 Операція 015 - Токарна	38
1.6.2 Операція 055 – Комплексна з ЧПК	42
1.6.3 Операція 060 – Довбальна	50
1.7 Технічне нормування операцій	52
1.7.1 Операція 015 - Токарна	52
1.7.2 Операція 055 – Комплексна з ЧПК	54
1.7.3 Операція 060 – Довбальна	55
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	57
2 Конструкторська частина	61
2.1 Проектування робочого пристосування	61

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	62
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	63
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	66
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	68
2.3 Розрахунок на міцність	70
3 Організаційна частина	74
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	74
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	76
4 Економічна ефективність пристроїв	80
5 Охорона праці	84
Висновки	89
Перелік джерел посилання	90
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	92
Додаток Б. Керуюча програма	95
Додаток В. Технологічні карти	100

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» (рисунок 1.1) відноситься до тіл обертання та має не складну конструкцію. Шліцьове з'єднання 12x15x37 забезпечують зчеплення у вузлі. 6 отворів $\varnothing 15^{+0,18}$ призначені для закріплення деталі до корпусу вузла болтами. Торцеві поверхні розміру 66h9-0,074 є конструкторськими базами та визначають положення деталі у вузлі. Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 80H7^{+0,03}$ має підвищені вимоги до виготовлення, т.я. поверхня являється посадковою для вала.

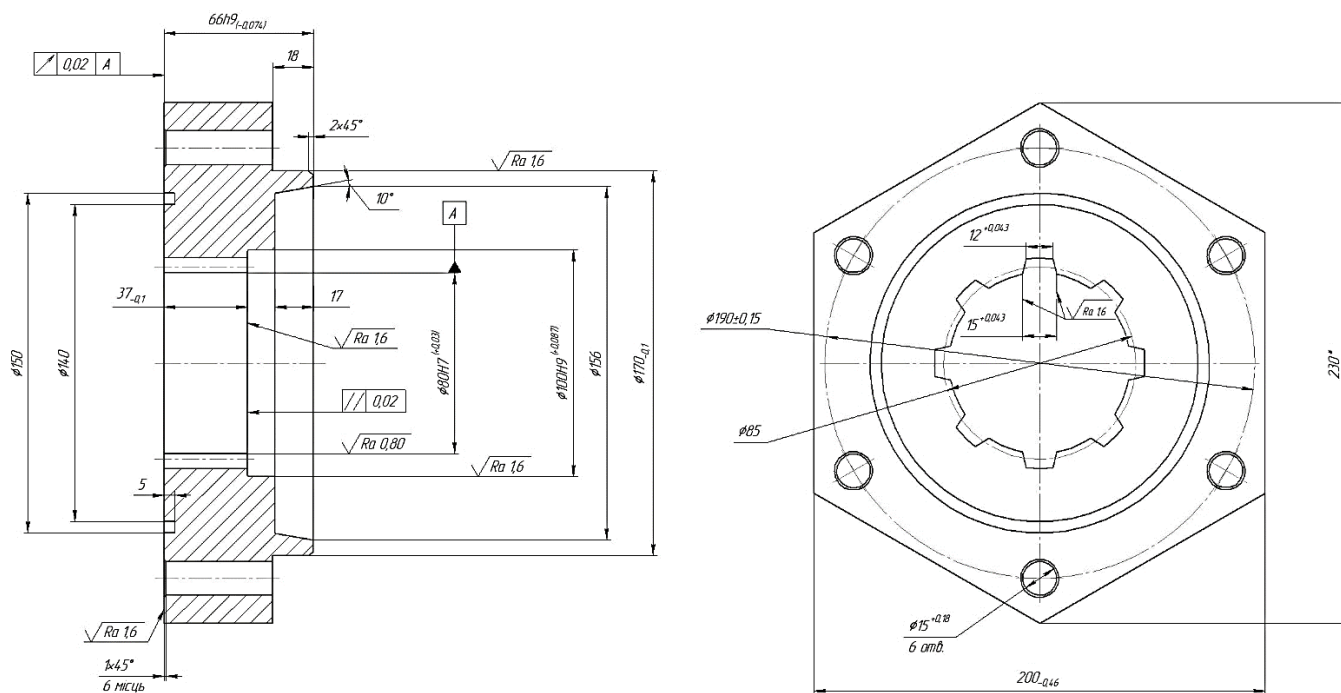


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Фланець»

Деталь «Фланець» виготовляється з конструкційної легованої хромової сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Хімічний склад матеріалу показан у таблиці 1.1, механічні властивості - у таблиці 1.2, [1]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Вуглець, C	Марганець, Mn	Кремній, Si	Сірка, S	Фосфор, P	Мідь, Cu	Хром, Cr	Нікель, Ni
			не більше, %				
0,36- 0,44	0,50 – 0,80	0,17 – 0,37	до 0,035	до 0,035	до 0,3	0,8- 1,1	до 0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Межа плинності σ_T , МПа	Часовий опір σ_B МПа	Відносне подовження δ_5 , %	Відносне звуження ψ , %
785	980	10	45

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – гарту при температурі 860 °С у маслі та відпускання при температурі 500 °С.

Гарт стали – 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 $N = 500$ шт. та маси оброблюваної на проєктованій ділянці деталі $m = 10,8$ кг як серійне виробництво.

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

Кількість деталей в партії n , шт, 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).

$$n = \frac{2 \cdot 500}{254} \approx 4 \text{ шт.}$$

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 – заготовка зі сталюого круга гарячекатанного та заготовка, отримана методом гарячого штампування на КГШП.

Встановлюємо припуски на механічну обробку за [4, стр.12, табл. 1.3]. Для заготовки на КГШП приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,5$ мм; для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,6$ мм; для розмірів $120 - 260$ мм $Z = 2,9$ мм.

Вагу деталі, а також ваги заготівок визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага деталі складає $q = 10,8$ кг (рис. 1.2).

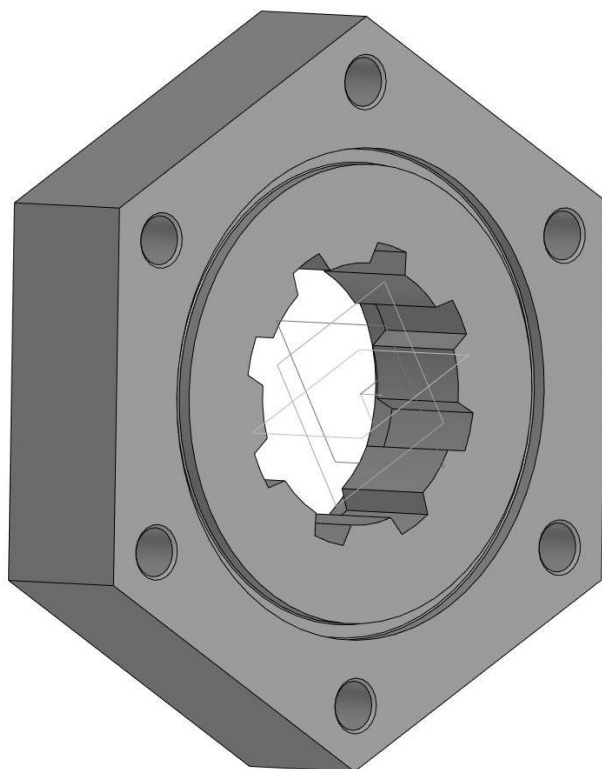
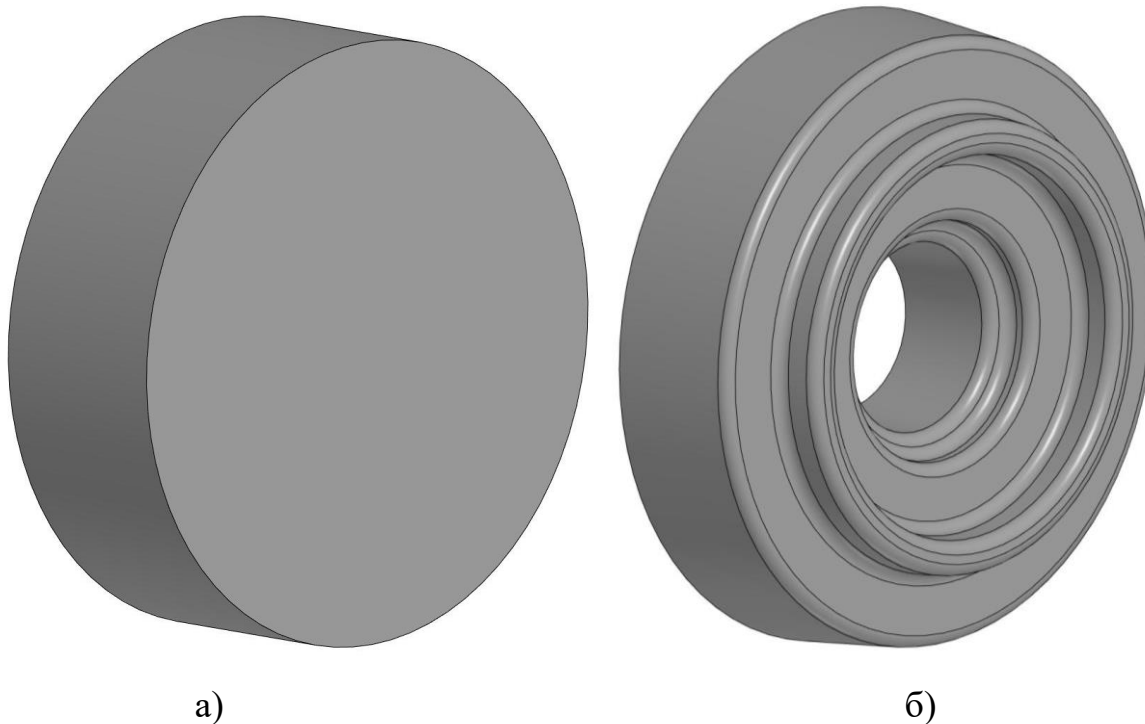


Рисунок 1.2 – 3Д модель деталі «Фланець»

Вага заготовки, виготовленої з круга гарячекатанного складає $Q_1 = 24,46$ кг (рис. 1.3, а), заготовки виготовленої на КГШП - $Q_2 = 18,14$ кг (рис. 1.3, б).



а)

б)

Рисунок 1.3 – 3Д модель заготовки деталі «Фланець»

а) зі круга гарячекатанного; б) заготовка на КГШП.

Розраховуємо вартість однієї заготовки B , грн., виготовленої з прокату та штампуванням на КГШП за формулами:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх.}}}{1000}, \quad (1.2)$$

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх.}}}{1000}, \quad (1.3)$$

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].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 24,46 - (24,46 - 10,8) \cdot \frac{140}{1000} = 83,70 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 18,14 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 0,79 \cdot 0,87 \cdot 0,8 - (18,14 - 10,8) \cdot \frac{140}{1000} = 41,56 \text{ грн.}$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу η , розраховується по формулі:

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

$$\eta_1 = \frac{10,8}{24,46} = 0,44$$

$$\eta_2 = \frac{10,8}{18,14} = 0,60$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

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	
			прокат	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	-	2,5; 2,6; 2,9
Вага заготовки	Q	кг	24,46	18,14
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-	-	1,0
	K_M	-	-	1,22
	K_B	-	-	0,79
	K_n	-	-	0,87
	K_3	-	-	0,80
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	83,70	41,56
Коеф. використання матеріалу	η	-	0,44	0,60

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

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

$$E_B = (83,70 - 41,56) \cdot 500 = 21070 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу M , кг, за формулою:

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

$$M_2 = \frac{10,8 \cdot (0,60 - 0,44)}{0,6 \cdot 0,44} \cdot 500 = 3273 \text{ кг}$$

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. 1.4) приймаємо необроблену циліндричну поверхню 4 з упором у торець 5 на першій механічній операції. Ці бази, як необроблені, використовуються тільки один раз. На чистових токарних операціях базовими поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня 2 з торцем 1 та 4 та 5.

На комплексній операції (свердління та фрезерування) базовими поверхнями є торець 3 з центруванням по поверхні 4. Закріплення деталі відбувається по поверхні 1.

На шліфувальних операціях базуючими поверхнями є циліндрична поверхня 4 у поєднанні з торцем 5.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

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

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

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

Ескіз деталі з розміткою поверхонь показаний рис. 1.4.

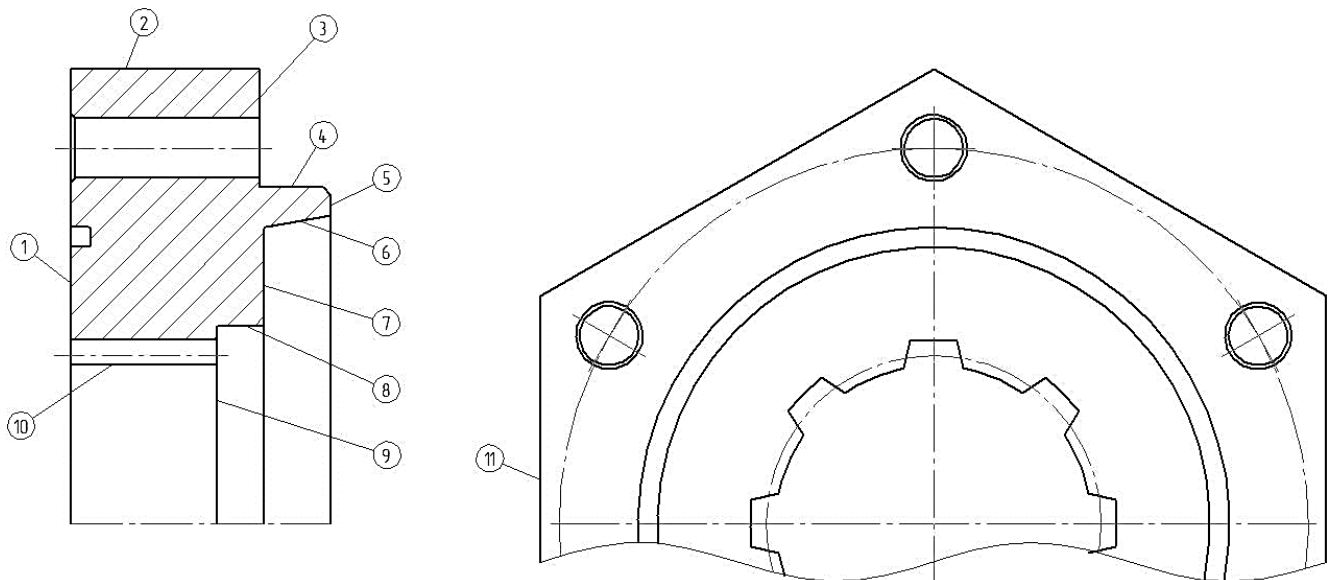


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

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 66 _{-0,074}	торцева	зовнішня	h9	~IT16	1,6	50
№2 230	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	50
№3 18	торцева	зовнішня	±IT14/2	~IT16	6,3	50
№4 Ø170 _{-0,1}	циліндрична	зовнішня	h9	~IT16	1,6	50
№5 66h9 _{-0,074}	торцева	зовнішня	h9	~IT16	6,3	50
№6 Ø156	циліндрична	внутрішня	H14	~IT16	6,3	50
№7 17	торцева	зовнішня	H14	~IT16	6,3	50
№8 Ø100H9 ^{+0,087}	циліндрична	внутрішня	H9	~IT16	1,6	50
№9 37 _{-0,1}	торцева	зовнішня	h10	~IT16	1,6	50
№10 Ø80H7 ^{+0,03}	циліндрична	внутрішня	H7	~IT16	0,8	50
№11 200 _{-0,46}	торцева	зовнішня	h12	~IT16	6,3	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 №4 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:

$$Td_d=0,1 \text{ мм} \quad Ra_d= 1,6 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки (підвищеної точності):

$$es_{d3} = +3,2; \quad ei_{d3} = -1,6; \quad Td_3=4,8 \text{ мм} \quad Ra_3=50 \text{ мкм.}$$

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.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{4800}{100} = 48,$$

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

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2lg48 = 3,4, \text{ приймаємо } k = 3.$$

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

$$\begin{aligned} IT16 &\rightarrow h13 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \\ Ra50 &\rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \end{aligned}$$

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

Перехід 1 – точіння чорнове $h13$, $Td=0,63$ мм, $Ra 6,3$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Td1} &= \frac{4800}{630} = 7,62, \\ \varepsilon_{Ra1} &= \frac{50}{6,3} = 7,94 \end{aligned}$$

Перехід 2 – точіння напівчистове $h11$, $Td=0,25$ мм, $Ra 3,2$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Td2} &= \frac{630}{250} = 2,52, \\ \varepsilon_{Ra2} &= \frac{6,3}{3,2} = 1,97 \end{aligned}$$

Перехід 3 – точіння чистове $h9$, $Td=0,1$ мм, $Ra 1,6$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Td3} &= \frac{250}{100} = 2,5, \\ \varepsilon_{Ra3} &= \frac{3,2}{1,6} = 2 \end{aligned}$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 7,62 \cdot 2,52 \cdot 2,5 = 48$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 7,94 \cdot 1,97 \cdot 2 = 31,28$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5. Для інших поверхонь виконуємо розрахунки аналогічно поверхні №4 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, відпустка);

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

6 етап – остаточна обробка – обробка отворів, фрезерування контуру, нарізання шліців та шліфування;

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 торцева 66h9-0,074 Ra1,6 Загот. IT16 Ra50	d	56,8	3,5	3	IT16 → h13 → h11→ h9 Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	4200	50	-	-
	Ra	31,3				2	Точіння чорнове	460	6,3	9,13	7,94
						3	Точіння напівчистове	190	3,2	2,42	1,97
						4	Точіння чистове	74	1,6	2,57	2
						Загальне уточнення				56,73	31,28
№2 торцева 230h14-1,15 Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	4,7			IT16 → h14 → h14 Ra50 → Ra6,3 → Ra6,3	1	Заготовка	5400	50	-	-
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	1150	6,3	4,7	7,94
						3	Точіння чистове	1150	6,3	1	1
						Загальне уточнення				4,7	7,94
№3 торцева 18±0,26 Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	7,5			IT16 → ±IT15 → ±IT14 Ra50→ Ra6,3→ Ra6,3	1	Заготовка	3900	50	-	-
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	840	6,3	4,64	7,94
						3	Точіння чистове	520	6,3	1,62	1
						Загальне уточнення				7,5	7,94

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
№4 циліндрична Ø170h9-0,1 Ra1,6 Загот.IT16 Ra50	d	48	3,4	3	IT16 → h13 → h11 → h9 Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6	1	Заготовка	4800	50	-	-	
	Ra	31,25				2	Точіння чорнове	630	6,3	7,62	7,94	
						3	Точіння напівчистове	250	3,2	2,52	1,97	
						4	Точіння чистове	100	1,6	2,5	2	
						Загальне уточнення					48	31,28
№5 торцева 66h9-0,074 Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	56,8	3,5	3	IT16 → h13 → h11→ h9 Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	4200	50	-	-	
	Ra	7,94				2	Точіння чорнове	460	6,3	9,13	7,94	
						3	Точіння напівчистове	190	3,2	2,42	1	
						4	Точіння чистове	74	1,6	2,57	1	
						Загальне уточнення					56,73	7,94
№6 циліндрична Ø156H14 ^{+0,1} Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	4,8			IT16 → H15 → H14 Ra50 → Ra6,3 → Ra6,3	1	Заготовка	4800	50	-	-	
	Ra	7,94	1,8	2		2	Точіння чорнове	1600	6,3	3,0	7,94	
						3	Точіння чистове	1000	6,3	1,6	1	
						Загальне уточнення					4,8	7,94
№7 торцева 17H14 ^{+0,43} Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	9,07	1,9	2	IT16 → H15 → H14 Ra50→ Ra6,3→ Ra6,3	1	Заготовка	3900	50	-	-	
	Ra	7,94				2	Точіння чорнове	700	6,3	5,57	7,94	
						3	Точіння чистове	430	6,3	1,63	1	
						Загальне уточнення					9,07	7,94

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№8 циліндр. Ø100H9 ^{+0,087} Ra1,6 Загот.IT16 Ra50	d	48,3	3,4	3	IT16 → H13 → H11→ H9	1	Заготовка	4200	50	-	-
	Ra	31,25				2	Точіння чорнове	540	6,3	7,78	7,94
					Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2→ Ra1,6	3	Точіння напівчистове	220	3,2	2,45	1,97
						4	Точіння чистове	87	1,6	2,53	2
						Загальне уточнення				48,2	31,28
№9 торцева 37h10-0,1 Ra1,6 Загот.IT16 Ra50	d	39	3,2	3	IT16 → h14 → h12 → h10	1	Заготовка	3900	50	-	-
	Ra	31,25				2	Точіння чорнове	620	6,3	6,29	7,94
					Ra50→ Ra6,3→ Ra3,2 → → Ra1,6	3	Точіння напівчистове	250	3,2	2,48	1,97
						4	Точіння чистове	100	1,6	2,5	2
						Загальне уточнення				39,0	31,28
№10 циліндрична Ø80H7 ^{+0,03} Ra0,8 Загот.IT16 Ra50	d	140	4,3	4	IT16 → H13 → H11→ H9→ H7	1	Заготовка	4200	50	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	460	6,3	9,13	7,94
					Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2→ Ra1,6 → Ra0,8	3	Точіння напівчистове	190	3,2	2,42	1,97
						4	Точіння чистове	74	1,6	2,57	2
						5	Шліфування	30	0,8	2,47	2
						Загальне уточнення				140	62,56
№11 торцева 200h12-0,46Ra6,3 Загот.IT16 Ra50	d	11,74	2,1	2	IT16 → h14 → h12	1	Заготовка	5400	50	-	-
	Ra	7,94				2	Фрезерування чорнове	1150	6,3	4,7	7,94
					Ra50→ Ra6,3→ Ra6,3	3	Фрезерування чистове	460	6,3	2,5	1
						Загальне уточнення				11,75	7,94

7 етап – контрольна, перевірка оброблених поверхонь;

8 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 Ø170h9_{-0,1}.

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 18,14$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С1, габаритів поверхні для штамповки підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки: $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{smallmatrix} +3,2 \\ -1,6 \end{smallmatrix} \right) = 4800$ мкм.

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

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

Сумарні відхилення розташування поверхонь $\rho_{\text{заг}}$, мкм, 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, $\Delta_{\text{кор}} = 1,6$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 1,6 \cdot 170 = 272 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$ – короблення зміщення, $\rho_{\text{см}} = 700$ мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{272^2 + 700^2} = 751 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_2 = 1,0 \cdot 170 = 170 \text{ мкм.}$$

Перехід 3 - точіння чорнове: по [7, табл.25, стор.188]: $R_z = 100$ мкм; $h = 100$ мкм

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

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

$$\rho_3 = 751 \cdot 0,06 = 45 \text{ мкм.}$$

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

де ε_3 – похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{4,8^2 + 1} = 1226 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_4 = 1,0 \cdot 170 = 170 \text{ мкм.}$$

Перехід 5 – точіння напівчистове: $R_z = 50$ мкм; $h = 50$ мкм

$$\rho_5 = 170 \cdot 0,05 = 9 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 1226 \cdot 0,05 = 61 \text{ мкм.}$$

Перехід 6 – точіння напівчистове: $Rz = 25$ мкм; $h = 25$ мкм

$$\rho_6 = 9 \cdot 0,04 = 1 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_6 = 61 \cdot 0,04 = 2 \text{ мкм.}$$

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

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[200 + 250 + \sqrt{170^2 + 1226^2} \right] = 3376 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{170^2 + 61^2} \right] = 761 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{6 \min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{9^2 + 2^2} \right] = 218 \text{ мкм.}$$

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

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

$$d_{5 \max} = d_{6 \max} + 2Z_{6 \min} + Td_5 = 170 + 0,218 + 0,25 = 170,468 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{5 \max} = 170,47 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 170,47 + 0,761 + 0,63 = 171,861 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{3 \max} = 171,86 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 171,86 + 3,376 + 4,8 = 180,036 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{заг} \max} = 180 \text{ мм}$$

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

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

$$d_{\text{заг} \min} = d_{\text{заг} \max} - Td_{\text{заг}} = 180 - 4,8 = 175,2 \text{ мм}$$

$$d_3 \min = d_3 \max - Td_3 = 171,86 - 0,63 = 171,23 \text{ мм}$$

$$d_5 \min = d_5 \max - Td_5 = 170,47 - 0,25 = 170,22 \text{ мм}$$

$$d_6 \min = d_6 \max - Td_6 = 170 - 0,1 = 169,9 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків $2Z_{i \max}$, мм, за формулою:

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

$$2Z_3 \max = d_{\text{заг} \max} - d_3 \min = 180 - 171,23 = 8,77 \text{ мм}$$

$$2Z_5 \max = d_3 \max - d_5 \min = 171,86 - 170,22 = 1,64 \text{ мм}$$

$$2Z_6 \max = d_5 \max - d_6 \min = 170,47 - 169,9 = 0,57 \text{ мм}$$

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

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

$$2Z_3 \min = d_{\text{заг} \min} - d_3 \max = 175,2 - 171,23 = 3,97 \text{ мм}$$

$$2Z_5 \min = d_3 \min - d_5 \max = 171,23 - 170,47 = 0,76 \text{ мм}$$

$$2Z_6 \min = d_5 \min - d_6 \max = 170,22 - 170 = 0,22 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за формулою:

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

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_5 \min = 180 - 169,9 = 10,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_5 \max = 175,2 - 170 = 5,2 \text{ мм}$$

$$10,1 - 5,2 = 4,9 = 4,8 + 0,1 = 4,9$$

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

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

$$d_{\text{заг ном}} = 175,2 + 1,6 = 180 - 3,2 = 176,8$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 176,8^{+3,2}_{-1,6};$$

$$d_3 = \varnothing 171,86_{-0,63};$$

$$d_5 = \varnothing 170,47_{-0,25};$$

$$d_6 = \varnothing 170_{-0,1};$$

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 $Q = 18,14$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С1, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру $66h9_{-0,074}$: $Z_{0 \text{ min}} = 4,2$ мм на сторону. Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків за формулою:

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

де j_i — коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3 \text{ min}} = Z_{4 \text{ min}} = 0,6 \cdot 4,2 = 2,5 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \text{ min}} = Z_{7 \text{ min}} = 0,35 \cdot 4,2 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{8 \text{ min}} = Z_{9 \text{ min}} = 0,05 \cdot 4,2 = 0,2 \text{ мм}$$

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

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

$$l_{8 \max} = l_{9 \max} + Z_{9 \min} + Tl_8 = 66 + 0,2 + 0,074 = 66,274 \text{ мм}$$

$$l_{7 \max} = l_{8 \max} + Z_{8 \min} + Tl_7 = 66,274 + 0,2 + 0,19 = 66,664 \text{ мм}$$

$$l_{6 \max} = l_{7 \max} + Z_{7 \min} + Tl_6 = 66,66 + 1,5 + 0,19 = 68,35 \text{ мм}$$

$$l_{4 \max} = l_{6 \max} + Z_{6 \min} + Tl_4 = 68,35 + 1,5 + 0,46 = 70,31 \text{ мм}$$

$$l_{3 \max} = l_{4 \max} + Z_{4 \min} + Tl_3 = 70,31 + 2,5 + 0,46 = 73,27 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_{\text{заг}} = 73,27 + 2,5 + 4,2 = 79,97 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } l_{\text{заг} \max} = 80 \text{ мм}$$

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

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

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 80 - 4,2 = 75,8 \text{ мм}$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 73,27 - 0,46 = 72,81 \text{ мм}$$

$$l_{4 \min} = l_{4 \max} - Tl_4 = 70,31 - 0,46 = 69,85 \text{ мм}$$

$$l_{6 \min} = l_{6 \max} - Tl_6 = 68,35 - 0,19 = 68,16 \text{ мм}$$

$$l_{7 \min} = l_{7 \max} - Tl_7 = 66,66 - 0,19 = 66,47 \text{ мм}$$

$$l_{8 \min} = l_{8 \max} - Tl_8 = 66,274 - 0,074 = 66,2 \text{ мм}$$

$$l_{9 \min} = l_{9 \max} - Tl_9 = 66 - 0,074 = 65,926 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків $Z_{i \max}$, мм, за формулою:

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

$$Z_{3 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{3 \min} = 80 - 72,81 = 7,19 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \max} = l_{3 \max} - l_{4 \min} = 73,27 - 69,85 = 3,42 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \max} = l_{4 \max} - l_{6 \min} = 70,31 - 68,16 = 2,15 \text{ мм}$$

$$Z_{7 \max} = l_{6 \max} - l_{7 \min} = 68,35 - 66,47 = 1,88 \text{ мм}$$

$$Z_{8 \max} = l_{7 \max} - l_{8 \min} = 66,66 - 66,2 = 0,46 \text{ мм}$$

$$Z_{9 \max} = l_{8 \max} - l_{9 \min} = 66,274 - 65,926 = 0,348 \text{ мм}$$

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

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

$$Z_{3 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{3 \max} = 75,8 - 73,27 = 2,53 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \min} = l_{3 \min} - l_{4 \max} = 72,81 - 70,31 = 2,5 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = l_{4 \min} - l_{6 \max} = 69,85 - 68,35 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{7 \min} = l_{6 \min} - l_{7 \max} = 68,16 - 66,66 = 1,5 \text{ мм}$$

$$Z_{8 \min} = l_{7 \min} - l_{8 \max} = 66,47 - 66,274 = 0,196 \text{ мм}$$

$$Z_{9 \min} = l_{8 \min} - l_{9 \max} = 66,2 - 66 = 0,2 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за формулою:

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

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{9 \min} = 80 - 65,926 = 14,074 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{9 \max} = 75,8 - 66 = 9,8 \text{ мм}$$

$$14,074 - 9,8 = 4,274 = 4,2 + 0,074 = 4,274$$

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

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

$$l_{\text{заг ном}} = 75,8 + 1,4 = 80 - 2,8 = 77,2 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг}} = 77,2^{+2,8}_{-1,4};$$

$$l_3 = 73,27_{-0,46}; \, l_4 = 70,31_{-0,46}; \, l_6 = 68,35_{-0,19}; \, l_7 = 66,66_{-0,19};$$

$$l_8 = 66,274_{-0,074}; \, l_9 = 66_{-0,074};$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – Токарна

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

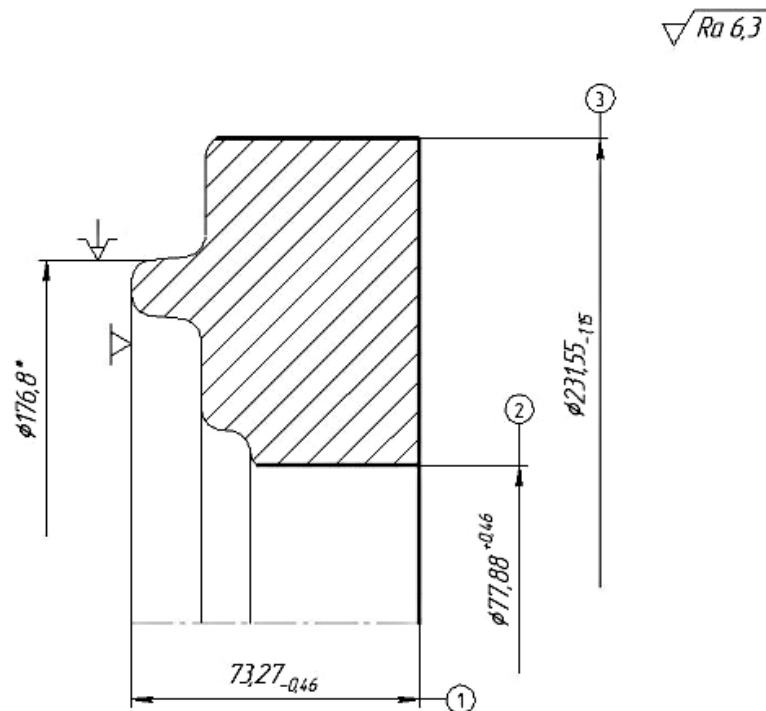


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарної

Обробка виконується за 3 перехода – підрізання торця, зовнішнє точіння, внутрішнє точіння.

Перехід №1 – підрізати торець, витримуючи розмір 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:

$$t = 77,2 - 73,27 = 3,93 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу - S_0 мм/об [7, стор.268, табл.11] $S_0 = 0,5$ мм/об

Коректуємо значення подачі за паспортом верстату, приймаємо менше значення $S_{0\text{BT}}$ (мм/об) [10, стор. 421]. Приймаємо $S_{0\text{BT}} = 0,5$ 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].

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,43$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3,93^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,43 = 62,1 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 62,1}{3,14 \cdot 237,4} = 83 \text{ хв}^{-1}$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} (\text{хв}^{-1})$ [10,с.421],
 $n_{\text{вт}} = 80 \text{ хв}^{-1}$

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

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 237,4 \cdot 80}{1000} = 59,6 \text{ м/хв}$$

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

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

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

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

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

$$K_p = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,35$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,93^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 59,6^{-0,15} \cdot 1,35 = 5126,11 \text{ Н}$$

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

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

$$N = \frac{5126,11 \cdot 59,6}{1020 \cdot 60} = 4,99 \text{ кВт}$$

Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}},$$

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

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

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

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

$$4,99 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

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 в мм;

i - кількість робочих ходів,

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

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

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

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

$$t_0 = \frac{82,05 + 3,93 + 3}{80 \cdot 0,5} \cdot 1 = 2,22 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунок режимів для інших переходів. Загальний час по операції складає 4,24 хв.

1.6.2 Операція 055 – Комплексна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 055 – комплексна з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК Huron KX 15 [11]. На операції виконується свердління отворів та фрезерування по контуру.

Перехід – Свердлити 6 отв., витримуючи розміри 1 2, по програмі. Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12]:

- свердло SCD 150-061-160 PXC05 (рис.1.8, табл.1.7);
- патрон спеціальний.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \varnothing 15 / 2 = 7,5 \text{ мм}$$

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] з інтервалу 0,18...0,3 мм/об приймаємо значення подачі $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$.

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту. З інтервалу 60...70 м/хв приймаємо $V = 65 \text{ м/хв}$.

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

$$n = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 15} = 1380 \text{ хв}^{-1}$$

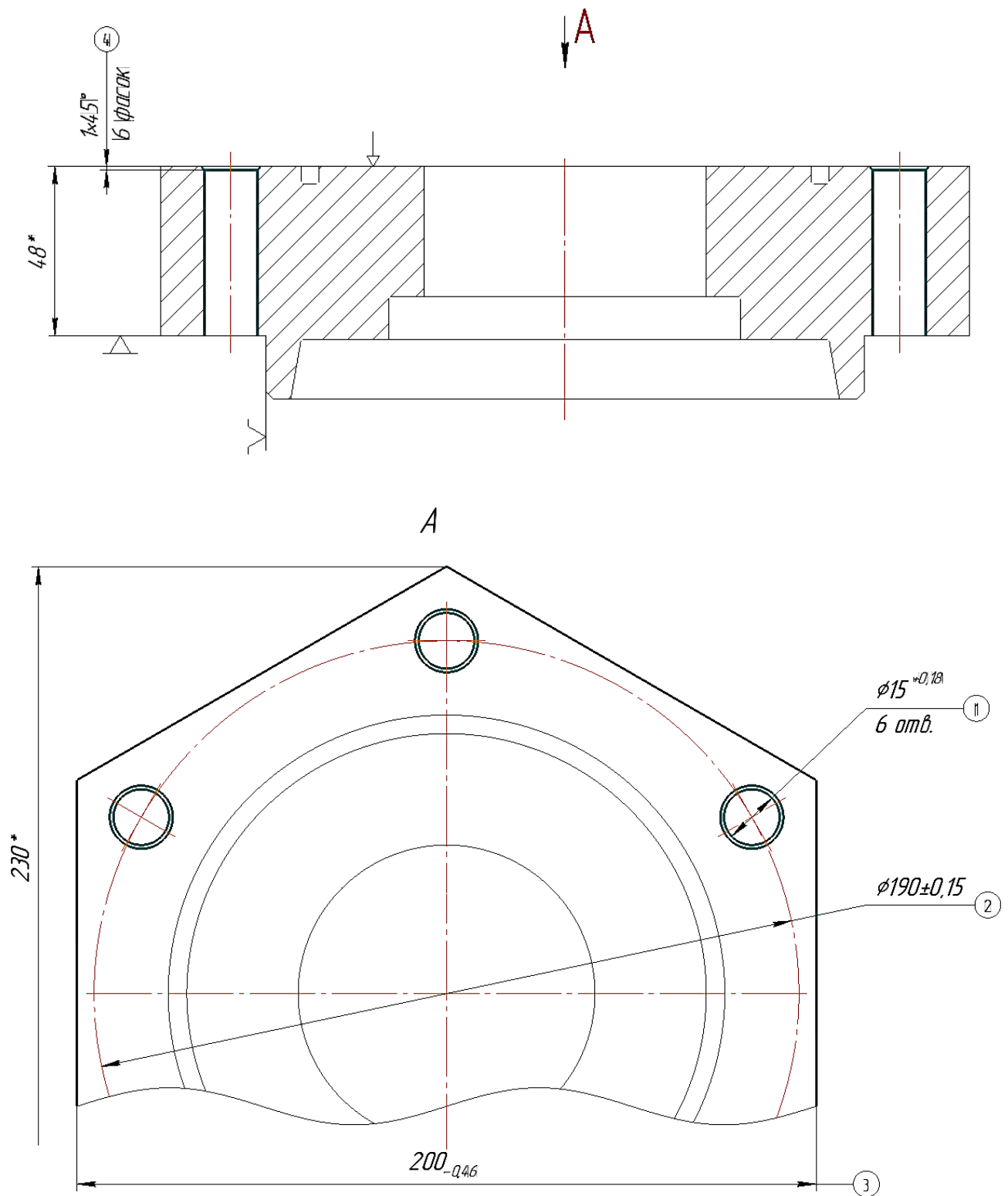


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 055 – комплексна з ЧПК

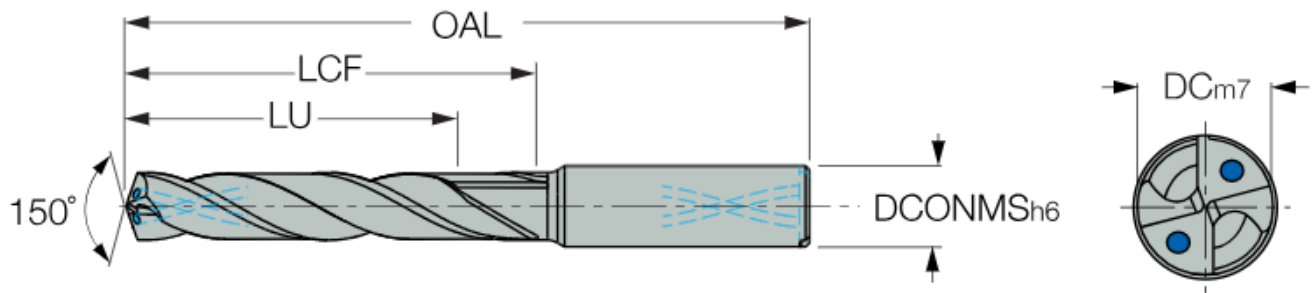


Рисунок 1.8 – Свердло SCD 150-061-160 PXC05

Таблиця 1.7 – Параметри свердла SCD 150-061-160 PXC05

DC	DCONMS	OAL	LU	LCF
15.00	16.00	133.00	61.00	83.0

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вТ}} = 1350 \text{ хв}^{-1}$.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 1350}{1000} = 63,6 \text{ м/хв}$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

Знаходимо силу різання P_0 , Н, та крутний момент $M_{кр}$, Нм, 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]; $C_p = 68, q = 1,0, x-, y = 0,7$; – для сили різання, $C_M = 0,0345, q = 2,0, x-, y = 0,8$; – для крутного моменту.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 15^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,24 = 4099,6 \text{ Н},$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 15^{2,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,24 = 31,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

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

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

$$N = \frac{31,2 \cdot 1350}{9750} = 4,32 \text{ кВт}$$

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

$$N_{шп} = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт} > 4,32 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

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

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

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

$$y = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ мм},$$

$$L = 7,5 + 48 + 5 = 60,5 \text{ мм},$$

$$t_0 = \frac{60,5}{1350 \cdot 0,2} \cdot 6 = 1,34 \text{ хв}$$

Для переходу №3 – фрезерувати по контуру поверхні, витримуючи розмір 3 обираємо фрезу за каталогом [12]:

- Державка для фрез DIN69871 40 EM32X100 (рис. 1.9, табл.1.8);
- Фреза P290 АСК D40-3-53-W32-18 (рис. 1.10, табл.1.9);
- Пластина P290 АСКТ 1806PDR-FW (рис. 1.11, табл.1.10);
-

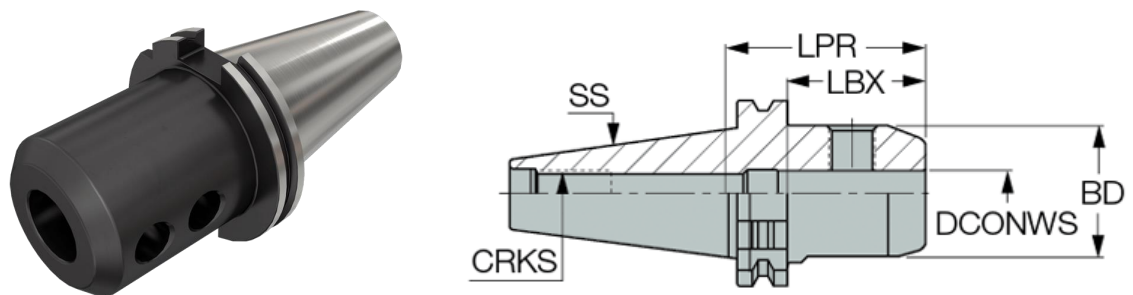


Рисунок 1.9 - Державка для фрез DIN69871 40 EM32X100

Таблиця 1.8 – Характеристика державки DIN69871 40 EM32X100

SS	DCONWS	BD	BD_2	LPR	LBX	LB	CRKS
40	32.00	71.00	49.00	100.00	80.9	65.00	M16

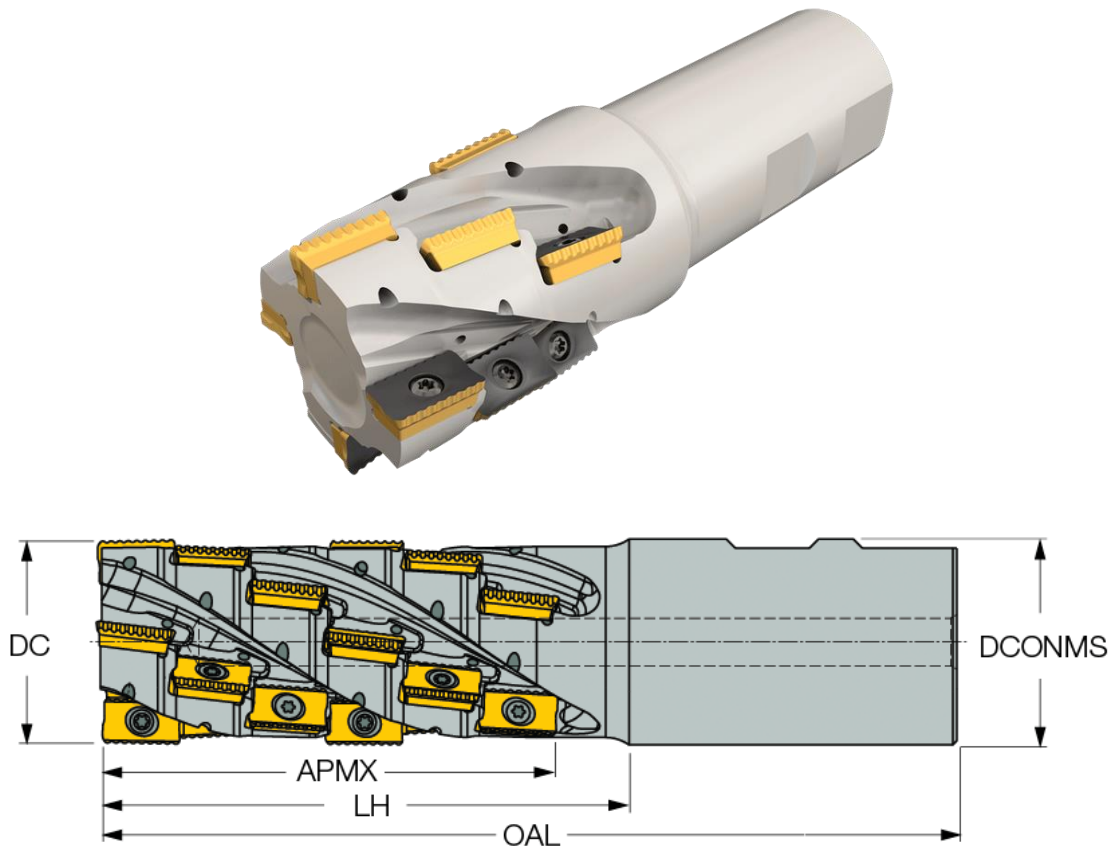


Рисунок 1.10 - Фреза P290 ACK D40-3-53-W32-18

Таблиця 1.9 – Характеристика фрези P290 ACK D40-3-53-W32-18

DC	APMX	NOF	CICT	LH	OAL	DCONMS
40.00	53.00	3	9	80.0	140.00	32.00

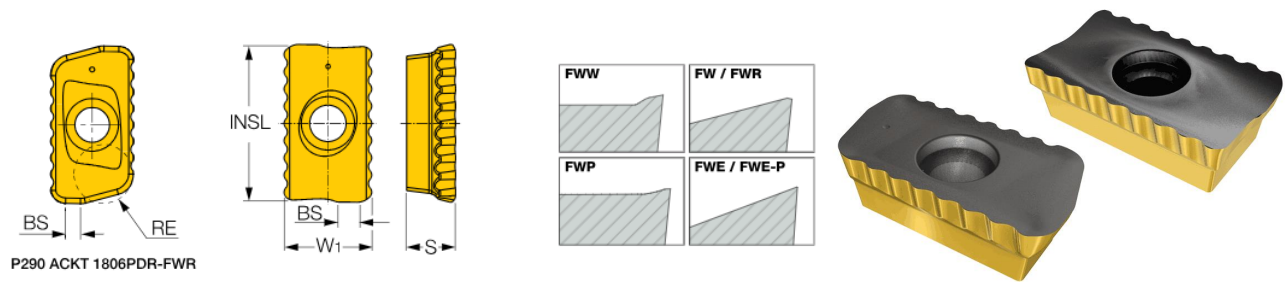


Рисунок 1.11 - Пластина P290 ACKT 1806PDR-FW

Таблиця 1.10 – Характеристика ріжучої пластини P290 ACKT 1806PDR-FW

W1	INSL	S	RE	BS	fz (min)	fz (max)
10.70	18.50	6.00	1.20	2.00	0.08	0.12

За каталогом [12] приймаємо: $S_z = 0,1$ мм/об, $V = 75$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя n , хв⁻¹, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання по формулі (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 75}{3,14 \cdot 40} = 597 \text{ хв}^{-1}$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} = 590$ хв⁻¹.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 590}{1000} = 74,1 \text{ м/хв.}$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

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

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

де $z = 12$, — кількість ріжучих пластин, рисунок 1.10.

$$S_{\text{хв}} = 0,1 \cdot 590 \cdot 12 = 708 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо $S_{\text{хв}} = 200$ мм/хв, тоді дійсне значення $S_z = 0,03$ мм/об.

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]; $C_p = 68,2, x = 0,86, y = 0,72, u = 1,0, q = 0,86, w = 0$;

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3,85^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 48^{1,0} \cdot 3}{40^{0,86} \cdot 590^0} \cdot 1,08 = 1134,55 \text{ Н}$$

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

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

$$M_{кр} = \frac{1134,55 \cdot 40}{2 \cdot 100} = 226,91 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

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

$$N = \frac{226,91 \cdot 74,1}{1020 \cdot 60} = 0,27 \text{ кВт} < 8 \text{ кВт}$$

Умова виконується, обробка можлива.

Визначаємо машинний час t_0 , хв., при фрезеруванні 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.

$$y = 0,5 \cdot D \quad (1.52)$$

$$y = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}$$

$$L = 690 + 20 + 5 = 715 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{715}{200} \cdot 2 = 7,15 \text{ хв}$$

Загальний час по операції складає 8,64 хв.

1.6.3 Операція 060 – Довбальна

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 060 – Довбальну (рис.1.12). Обробка виконується на верстаті мод.5122.

Вибираємо різальний інструмент і його конструктивні елементи [10,с.197] – довбальний прохідний різець спеціальний..

Визначаємо глибину різання. Обробка проводиться за один прохід $i=1$.

$$t = h = 6,5 \text{ мм}$$

Призначаємо подачу [10,с.26-27], $S_{2x \text{ таб}} = 0,5 \dots 0,7 \text{ мм/дв.хід}$. Приймаємо - $S_{2x} = 0,6 \text{ мм/дв.хід}$ [10,с.426].

Призначаємо період стійкості різця $T=120 \text{ хв}$.

Визначаємо швидкість головного руху V , м/хв, що допускається різальними властивостями різця з урахуванням поправочних коефіцієнтів для завданих умов обробки:

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{Mv} \cdot K_{\beta v} \quad (1.53)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу колеса, [10,с.26-27];

$K_{\beta v}$ - коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу зубців колеса, [10,с.26-27];

$$V = 36 \cdot 0,7 = 25,2 \text{ м/хв}$$

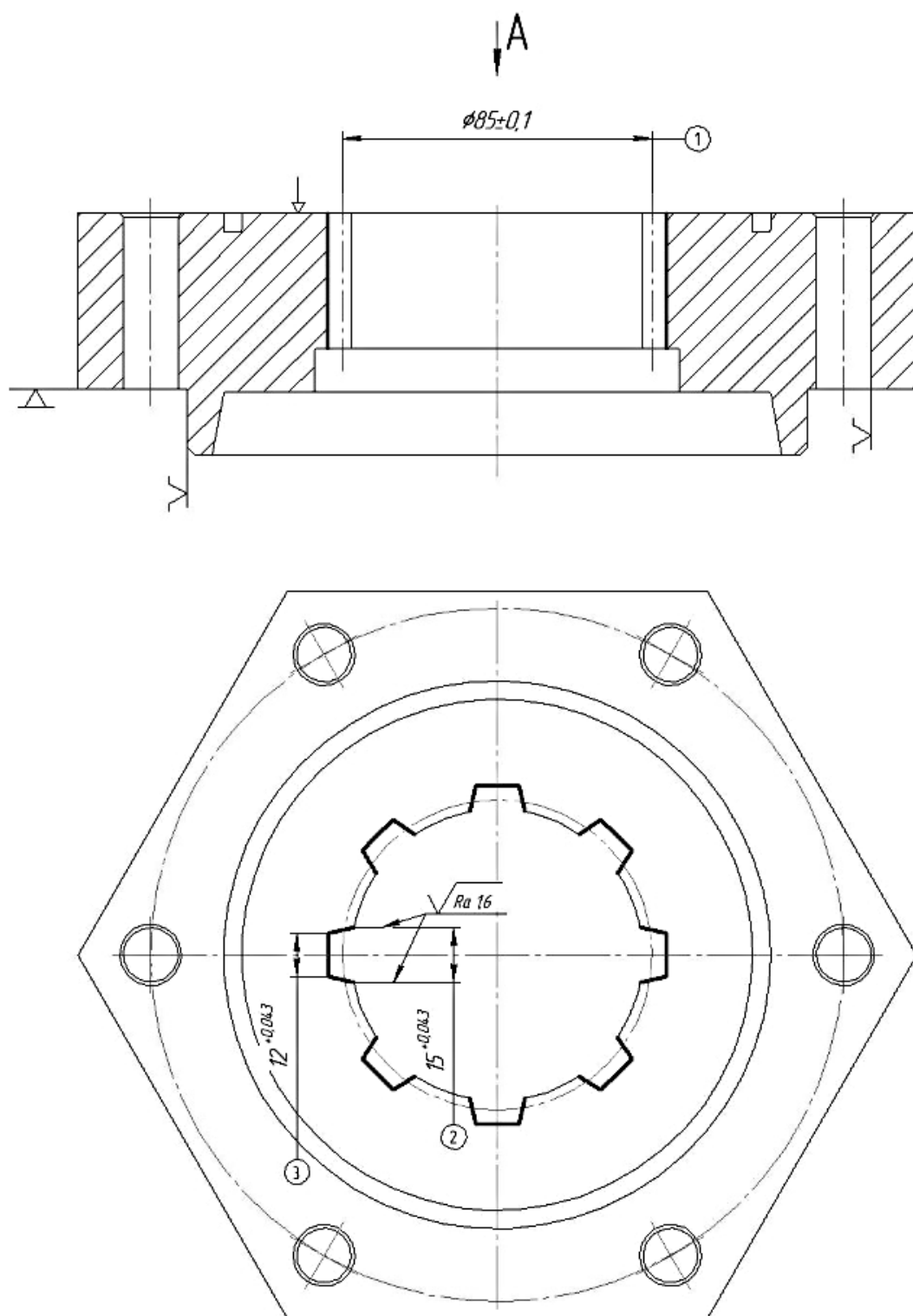


Рисунок 1.12 – Ескіз до обробки на операції 060 – зубодовбальна

Визначаємо число подвійного ходу різця k , дв.хід/хв, що відповідає знайденій швидкості різання головного руху за формулою:

$$k = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L}, \quad (1.54)$$

$$k = \frac{1000 \cdot 25,2}{2 \cdot 137} = 92 \text{ дв. хід/хв}$$

Коректуємо число подвійного ходу різця за даними верстата [10,с.426] $k = 90$ дв.хід/хв.

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання V_d , м/хв, за формулою (1.29):

$$V_d = \frac{2 \cdot 137 \cdot 90}{1000} = 24,7 \text{ м/хв}$$

Визначаємо машинний час на обробку t_0 , хв., за формулою:

$$t_0 = \frac{B \cdot B_1 \cdot B_2}{k \cdot S_{2x}}, \quad (1.55)$$

$$t_0 = \frac{37 + 2 + 2}{90 \cdot 0,6} \cdot 8 = 6,07 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 - Токарна

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

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.56)$$

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];

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 0,32 + 0,38 = 0,80 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}}, \quad (1.57)$$

$$t_{\text{оп}} = 4,24 + 0,8 = 5,04 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.58)$$

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];

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 5,04 = 0,504 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \quad (1.59)$$

$$t_{\text{шт}} = 5,04 + 0,504 = 5,54 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \quad (1.60)$$

де $t_{\text{пз1}}$ -норматив часу на наладку верстата і пристосування, $t_{\text{пз1}} = 17$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пз2}}$ -норматив часу на установку ріжучого інструменту, $t_{\text{пз2}} = 9$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{пз3}$ -норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни, $t_{пз3} = 9$ хв; [13, стор.135, к.49];

$$t_{пз} = 17 + 9 + 9 = 35 \text{ хв}$$

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

$$t_{шк} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}, \quad (1.61)$$

$$t_{шк} = 5,54 + \frac{35}{4} = 14,29 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 055 – Комплексна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час $t_{доп}$, хв., за формулою (1.56), при цьому $t_y = 0,1$, [13, стор.438, к.63]; $t_{упр} = 0,32$ [13, стор.440, к.64]; $t_{контр} = 1,66$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{доп} = 0,1 + 0,32 + 1,66 = 2,08 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{оп}$, хв., визначаємо за формулою (1.57):

$$t_{оп} = 8,64 + 2,08 = 10,72 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час $t_{дод}$, хв., за формулою (1.58), де $\alpha_{тех}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{відп}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{дод} = (0,07 + 0,03) \cdot 10,72 = 1,072 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{шт}$, хв., визначаємо за формулою (1.59):

$$t_{\text{шт}} = 10,72 + 1,072 = 11,79 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $t_{\text{пз}}$, хв., визначаємо за формулою (1.60), де $t_{\text{пз1}} = 19$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз2}} = 4$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз3}} = 7$ хв, [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{пз}} = 19 + 4 + 7 = 30 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час $t_{\text{шк}}$, хв., визначаємо за формулою (1.61):

$$t_{\text{шк}} = 11,79 + \frac{30}{4} = 19,29 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 060 – Довбальна

Визначаємо допоміжний час $t_{\text{доп}}$, хв., за формулою (1.56), при цьому $t_y = 0,1$, [13, стор.78, к.5]; $t_{\text{упр}} = 1,08$ [13, стор.92, к.11]; $t_{\text{контр}} = 0,42$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 1,08 + 0,42 = 1,6 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{\text{оп}}$, хв., визначаємо за формулою (1.57):

$$t_{\text{оп}} = 6,07 + 1,6 = 7,67 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час $t_{\text{дод}}$, хв., за формулою (1.58), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 7,67 = 0,77 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{шт}$, хв., визначаємо за формулою (1.59):

$$t_{шт} = 7,67 + 0,77 = 8,44 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $t_{пз}$, хв., визначаємо за формулою (1.60), де $t_{пз1} = 21$ хв, [13, стор.96, к.21]; $t_{пз2} = 5$ хв, [13, стор.97, к.21]; $t_{пз3} = 6$ хв, [13, стор.104, к.28].

$$t_{пз} = 21 + 5 + 6 = 32 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час $t_{шк}$, хв., визначаємо за формулою (1.61):

$$t_{шк} = 8,44 + \frac{32}{4} = 16,44 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.11.

Таблиця 1.11 – 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	4,24	0,8	5,04	0,504	5,54	35	14,29
020	Токарна	16K20	3,14	1,22	4,36	0,436	4,80	35	13,55
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	5,58	1,87	7,45	0,745	8,20	28	15,20
035	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	4,46	1,82	6,28	0,628	6,91	28	13,91
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	5,02	1,87	6,89	0,689	7,58	28	14,58
045	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	3,88	1,92	5,8	0,58	6,38	28	13,38
055	Комплексна з ЧПК	Huron KX15	8,64	2,08	10,72	1,072	11,79	30	19,29
060	Довбальна	5122	6,07	1,6	7,67	0,767	8,44	32	16,44
065	Внутрішньо-шліфувальна	3K228B	3,33	1,77	5,1	0,51	5,61	29	12,86

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Керуючу програму розробляємо для операції 055 – комплексна з ЧПК, яка виконується на верстаті Huron KX15. Розробку виконуємо у конструкторському пакеті Siemens NX.

Підготовлюємо 3д модель деталі, яка буде утворюватись після обробки – свердління та фрезерування. (рис.1.13).

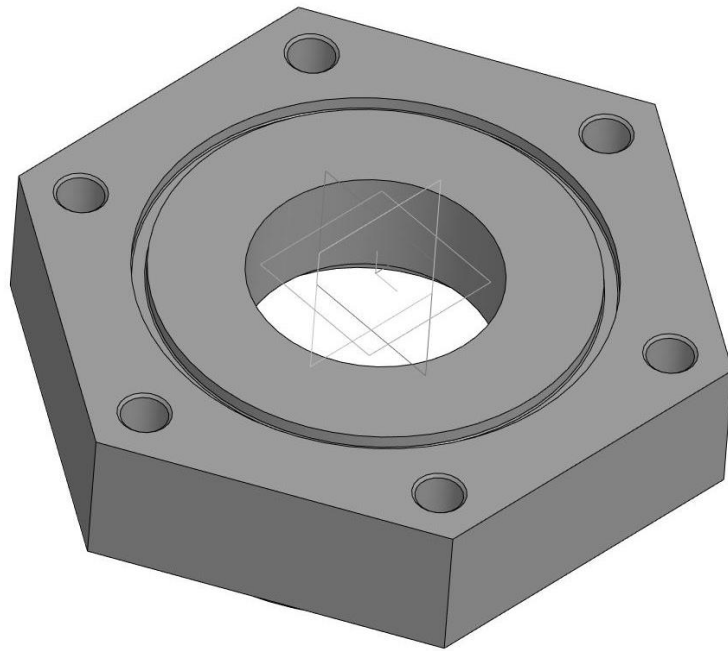


Рисунок 1.13 – 3д модель деталі на оп.055

Виконуємо налаштування системи координат – встановлюємо «нуль» деталі. (рис.1.14).

Налаштування ріжучого інструменту – свердло $\varnothing 15$ (рис.1.15) та фреза $\varnothing 40$ (рис.1.16). Після створення інструмента позначаємо поверхні, які обробляються, після чого генеруємо програму для створення траєкторії руху інструментів та створення керуючої програми, яка показана у додатку Б.

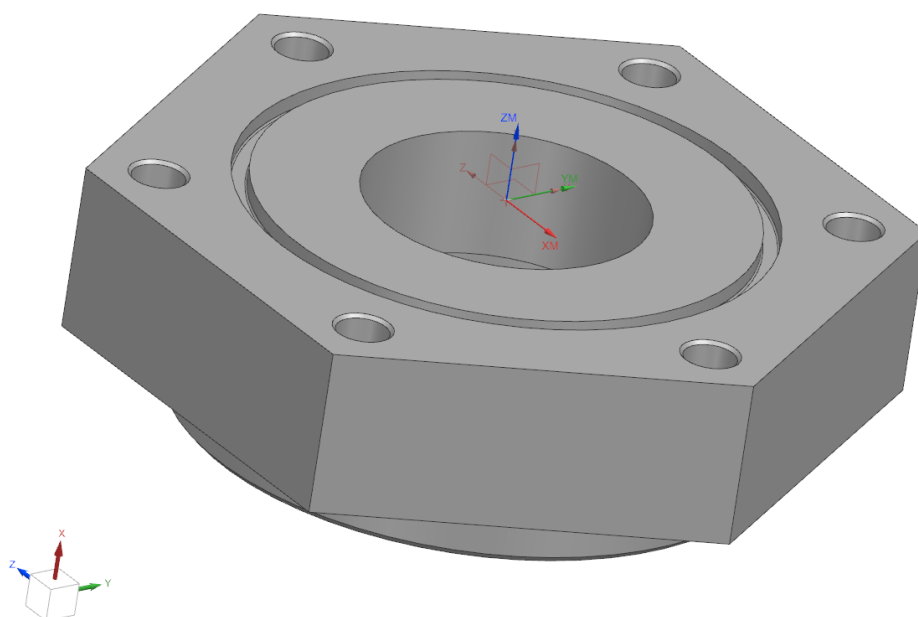


Рисунок 1.14 – Налаштування «нуля» деталі

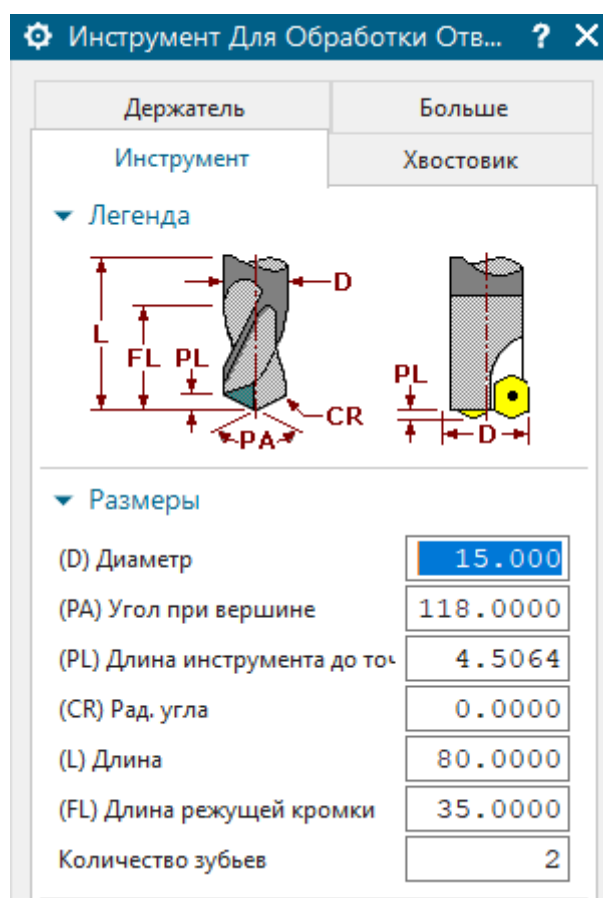


Рисунок 1.15 – Створення ріжучого інструменту – свердло

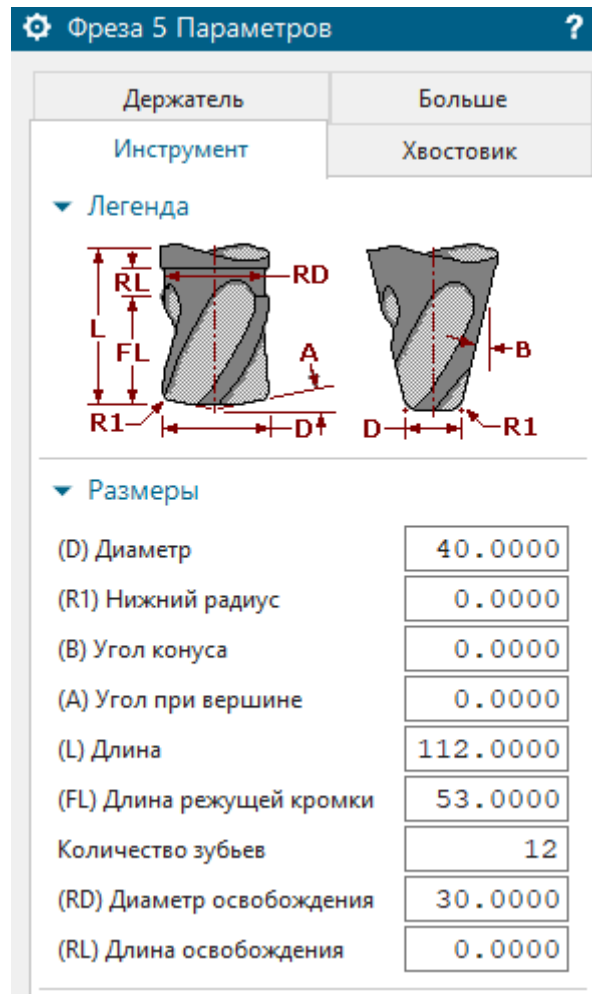


Рисунок 1.16 – Створення ріжучого інструменту – фреза

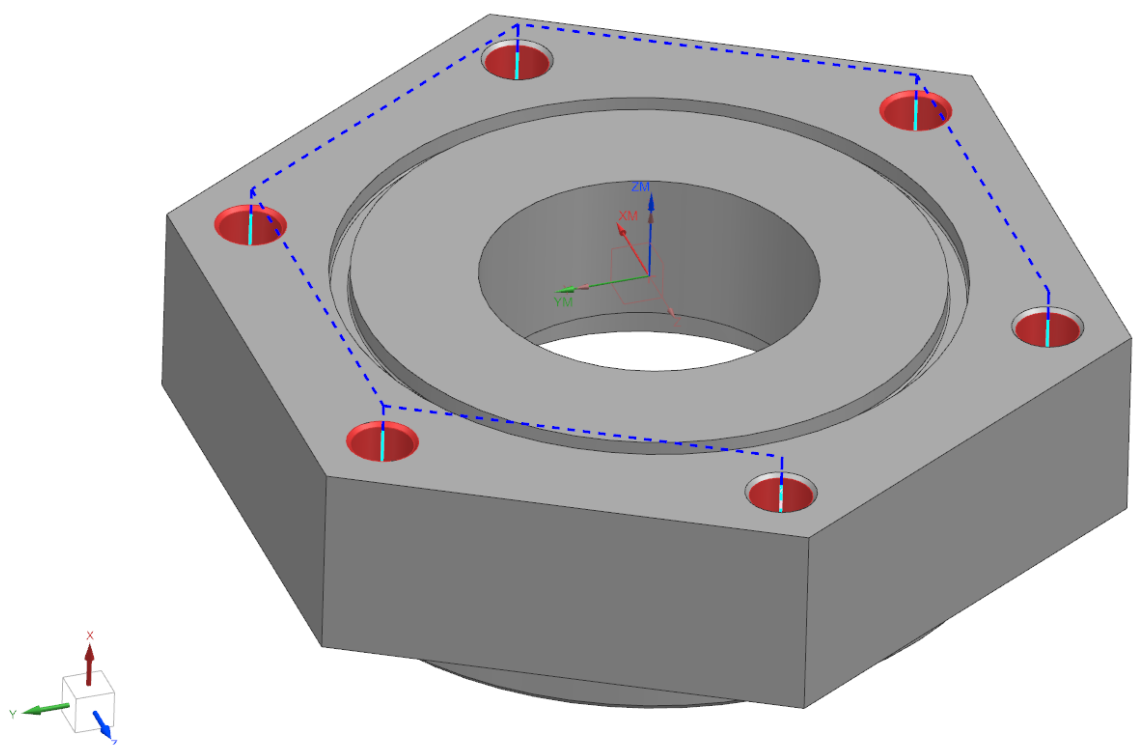


Рисунок 1.17 – Створення траєкторії руху інструмента при свердлінні

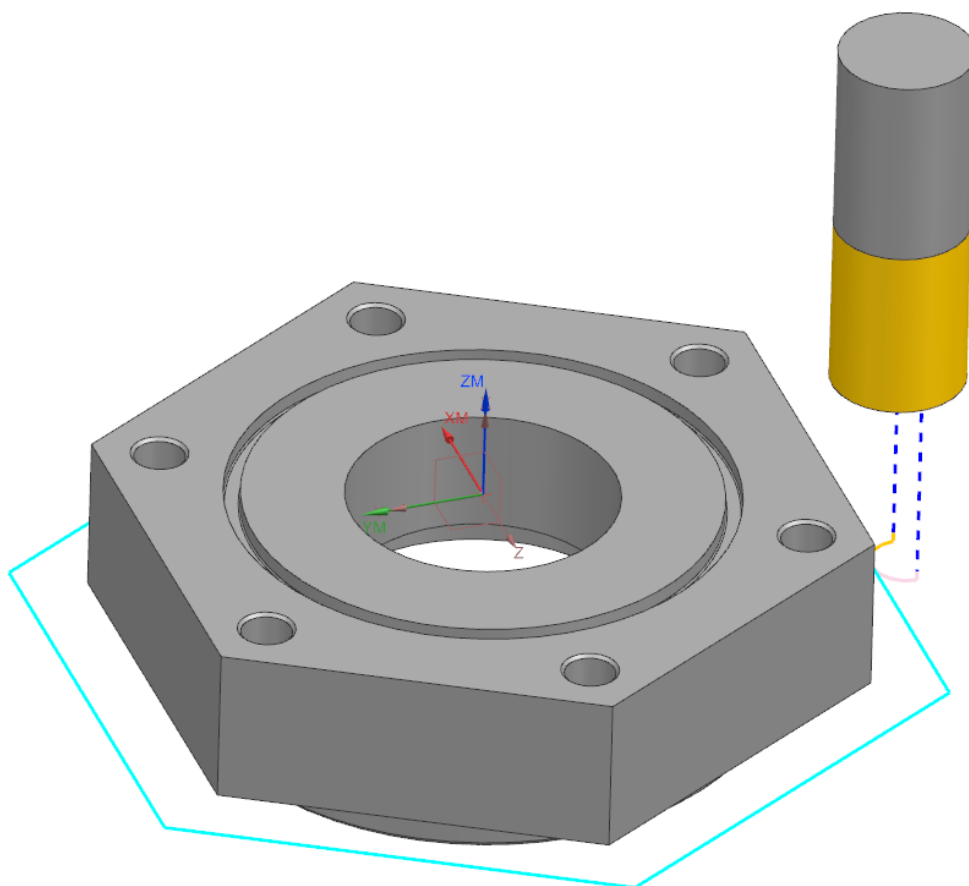


Рисунок 1.18 - Створення траєкторії руху інструмента при фрезеруванні

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

Для надійного закріплення деталі під час обробки на операції 055 – комплексній з ЧПК використовується пневматичне пристосування (рис. 2.1), яке встановлюється на верстаті Huron KX15.

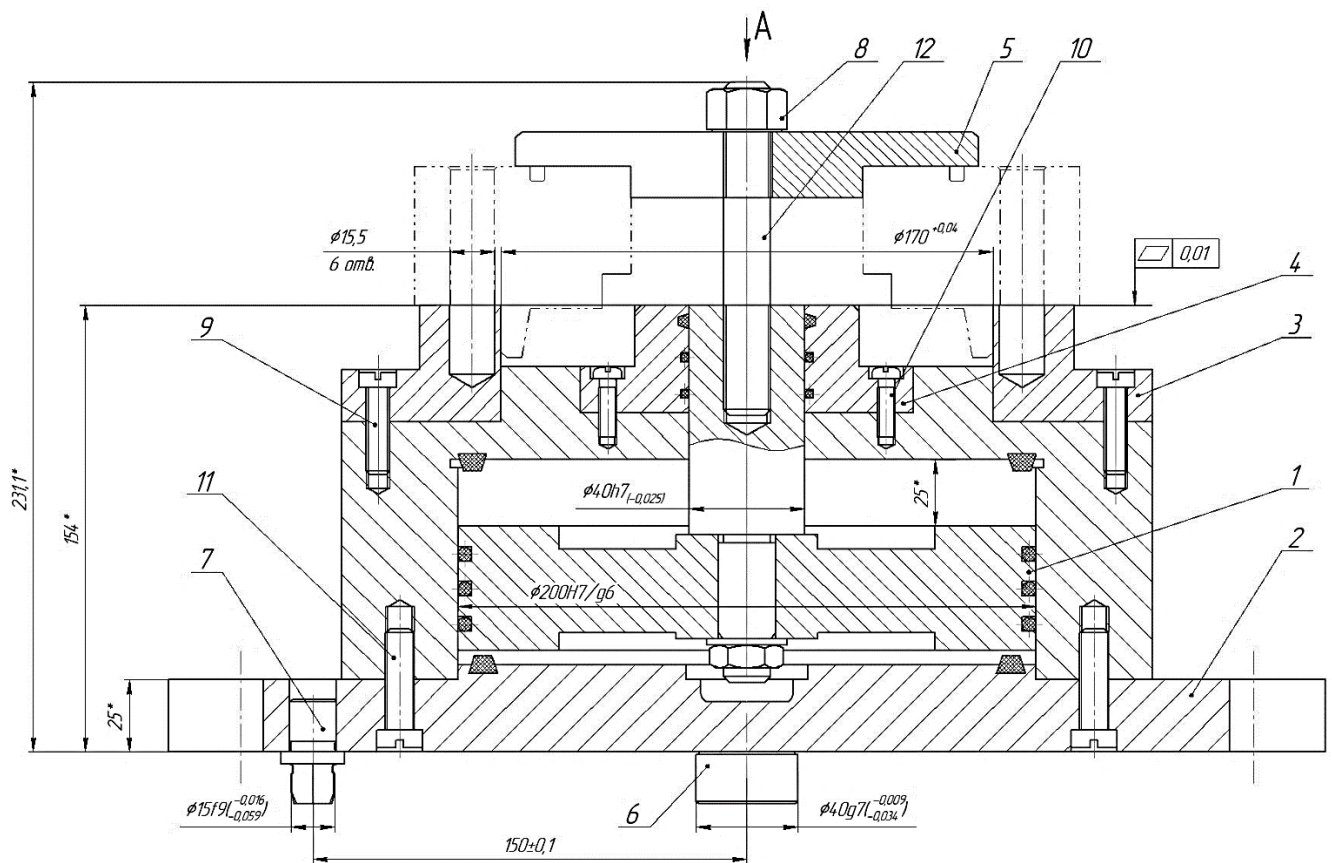


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для комплексної обробки

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 компоновання 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 плити 2, на яку встановлюється пневмоциліндр 1, кільце 3 та кришки 5.

Кільце 3 призначене для встановлення та центрування деталі. Центрується деталь по поверхні Ø170. Зовнішня поверхня кільця 3 повторює контур деталі, для запобігання врізання інструменту у пристосування під час обробки.

Закріплення деталі відбувається кришкою 5 по торцевій поверхні.

Пристосування встановлюється на столі верстата та центрується за допомогою центраторів 6 та 7. Закріплюється пристосування гвинтами М16 за Т-образні пази стола верстата крізь пази, які виконані у пристосуванні.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра 1, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток пневмоциліндру вгвинчена шпилька 12 на кінці якої закріплюється гайка 8, яка тисне на кришку 5. Зусилля, яке передається через шпильку 12 на кришку 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 жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю і площину (рис. 2.2).

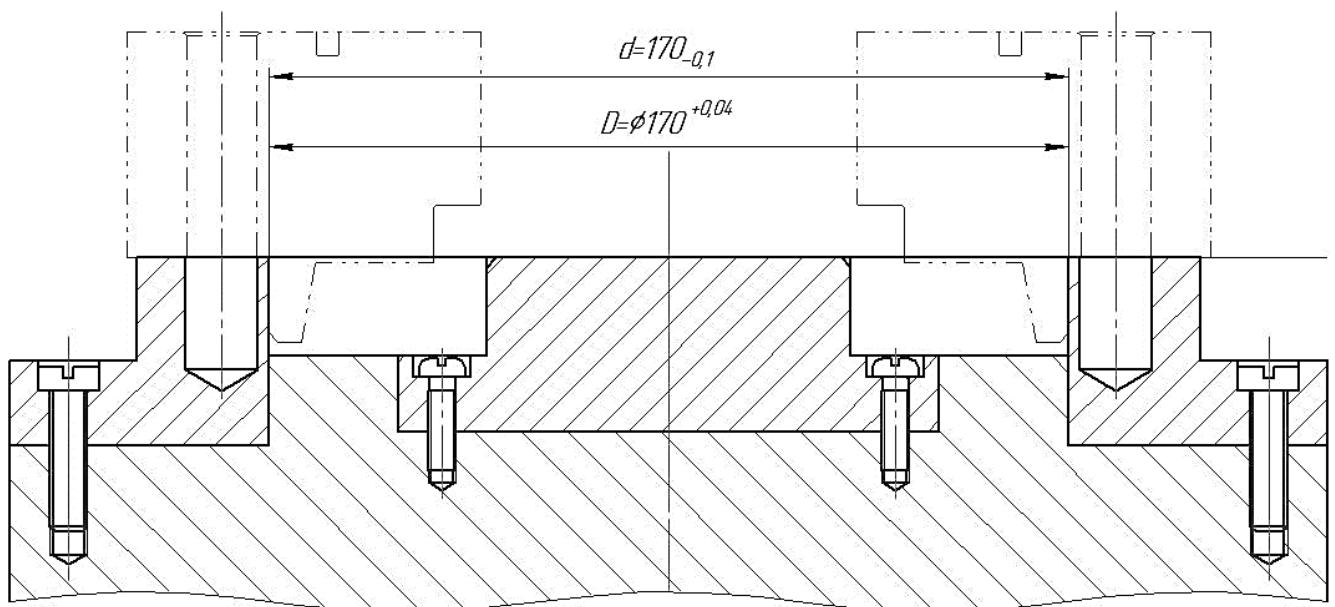


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі жорсткий циліндричний палець

Визначаємо похибку встановлення на розмір $\varnothing 190 \pm 0,15$ під час свердління та розмір $200_{-0,46}$ 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;

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

Похибка базування ε_6 , мм, на розмір $\varnothing 190 \pm 0,15$ під час свердління та розмір $200_{-0,46}$ визначаються за формулою:

$$\varepsilon_6 = S_{max} = T_0 + T_n + 2\Delta, \quad (2.2)$$

де T_0 — допуск на базовий отвір, $T_0 = 0,04$ мм;

T_n — допуск на базовий вал, $T_n = 0,1$ мм;

Δ — величина гарантованого зазора, $\Delta = 0,005$ мм.

$$\varepsilon_6 = 0,04 + 0,1 + 2 \cdot 0,005 = 0,15 \text{ мм}$$

Похибка закріплення по [14, стр.51] складає $\varepsilon_3 = 90$ мкм.

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{0,15^2 + 0,09^2} = 0,175 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення $\varnothing 190 \pm 0,15$ ($T_d = 0,3$ мм), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення $200_{-0,46}$ ($T_d = 0,46$ мм), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Визначимо розмір установка при фрезеруванні на розмір $200_{-0,46}$ (рис. 2.3). Товщина щупа $S = 3_{-0,006}$ мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

Визначаємо середній розмір обробки A_{cp} , мм, за формулою:

$$A_{cp} = A + \frac{TA}{2}, \quad (2.3)$$

де T_A – допуск на виготовлення, $T_A = 0,46$ мм;

$$A_{cp} = 200 + \frac{0,46}{2} = 200,23 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір установка H_{cp} , мм, за формулою:

$$\begin{aligned} H_{cp} &= A_{cp} + S \\ H_{cp} &= 200,23 - 3 = 197,23 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка T_H , мм, по формулі:

$$T_H = T_A - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \cdot \omega) \quad (2.5)$$

де T_A – допуск на розмір обробки, $T_A = 0,46$ мм;

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

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

$$T_H = 0,46 - (0,23 \cdot 0,15 + 0,09 + 0,6 \cdot 0,13) = 0,258$$

Приймаємо $T_H = 0,2$ мм.

Визначаємо виконавчий розмір установка:

$$\boxed{H} = 197,2_{-0,2} \text{ мм}$$

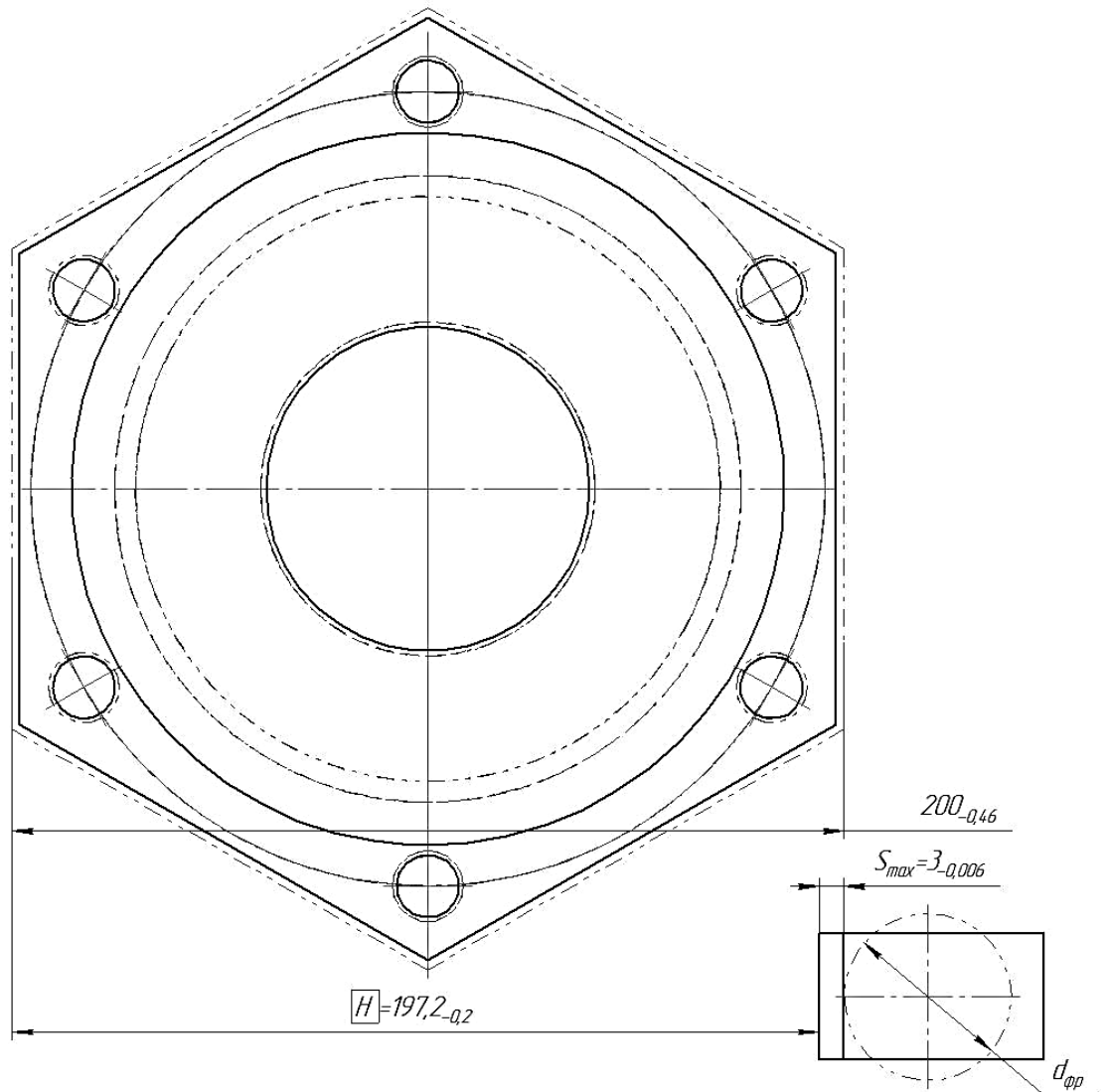


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для фрезерування

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску пристосування виконуємо відносно попередньо розрахованого крутного моменту, який виникає при обробці на лімітуючому інструменті – при фрезеруванні, $M_{кр} = 226,91$ Нм.

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

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot M_{кр}}{f \cdot \left[\left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left(\frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]}, \quad (2.6)$$

де k – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.7)$$

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], $k_2 = 1,2$;

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

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

k_5 - коефіцієнт, що характеризує зручність розміщення рукоятки для ручних затискачів [14, стр.102], $k_5 = 1,0$;

k_6 - коефіцієнт, враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і залежить від виду опорної поверхні пристосування [14, стр.102], $k_6 = 1,0$;

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

$$W = \frac{3 \cdot 1,8 \cdot 411,85 \cdot 10^3}{0,16 \cdot \left(\frac{230^3 - 170^3}{230^2 - 170^2} \right) + \left(\frac{160^3 - 80^3}{160^2 - 80^2} \right)} = 15663,53 \text{ Н}$$

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, $\rho = 0,6$ Мпа;

D – діаметр циліндра, мм;

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

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра D , мм:

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 15663,53}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,85}} = 197,8 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр пневмоциліндра 200 мм, а діаметр штока 40 мм. Виходячи із стандартного діаметру пневмоциліндра розраховуємо дійсне зусилля затиску:

$$Q = 0,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} \cdot 0,85 = 16014 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску складає 15663,53 Н, а дійсна сила затиску 16014 Н, то цієї сили достатньо для затиску деталі та даний пристрій забезпечить достатній затиск деталі для запобігання зсуву заготовки з пристроєм.

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-вимірвальне пристосування являє собою особливу виробничий вимірювання і контролю - конструктивно поєднує базують, затискні і вимірвальні пристрої.

Головні вимоги до контрольно-вимірвальним пристосуванням:

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

Ескіз контрольного пристосування зображено на рисунку 2.4.

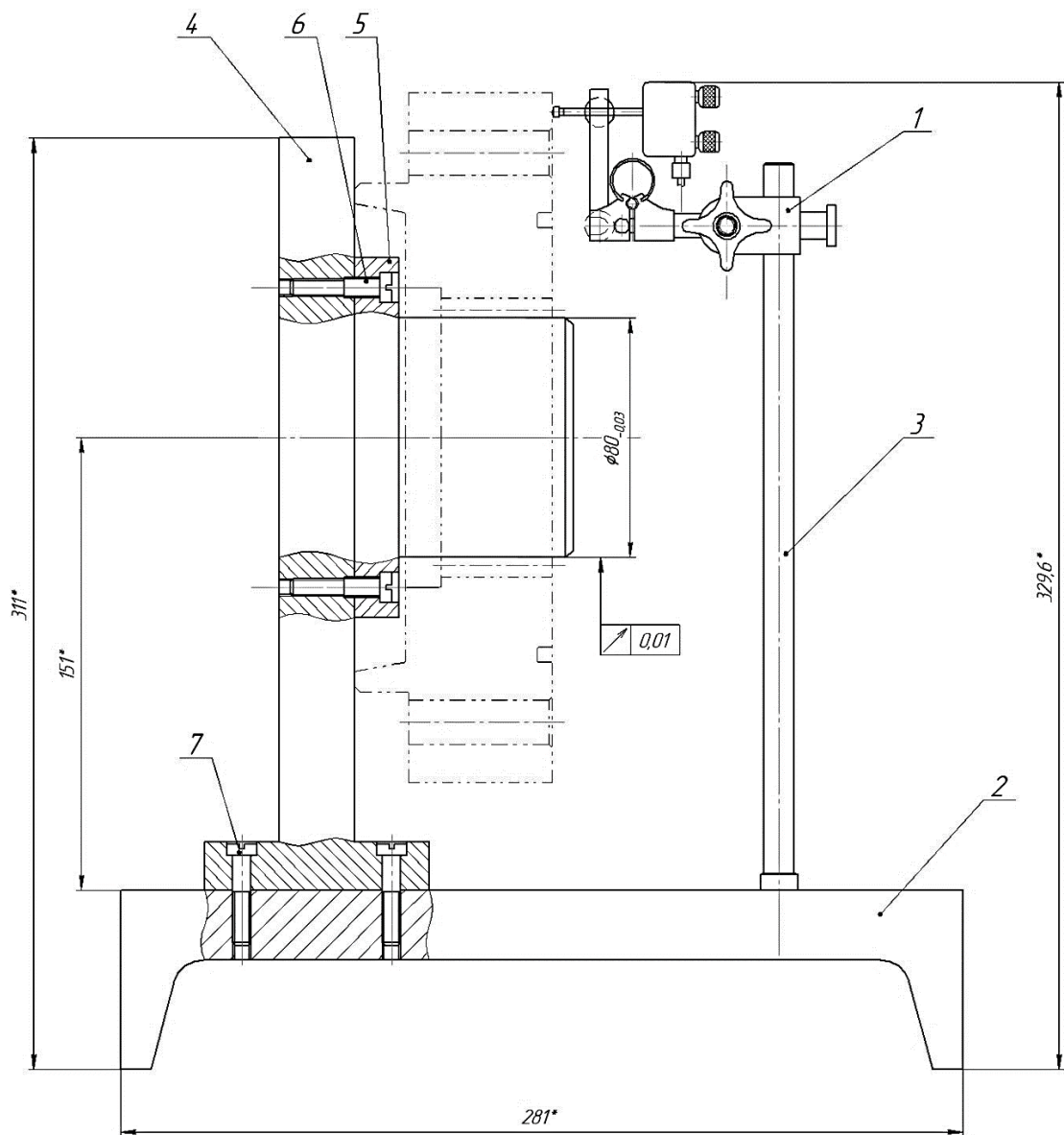


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

Контрольний пристрій призначено для перевірки торцевого биття зовнішньої поверхні розміру 66h9_{-0,074} при базуванні на поверхню Ø80H7+0,03. Відхилення від торцевого биття повинно складати не більше 0,02 мм.

Пристрій складається з плити 2, на яку встановлюються упор 4 та стійка 3 з електронним годинником. До упору 4 кріпиться кільце 5, на яке встановлюється деталь. Торцевою частиною деталь упирається в упор 4, що запобігає зсуву деталі в осьовому напрямку. Після встановлення деталі у кільце 5 до контролюємої поверхні підводиться стійка з цифровим годинником та розрахунок виставляється на нуль. Далі деталь прокручують у кільці 5 та фіксують значення найбільшого та найменшого значень биття, різниця яких буде дорівнювати дійсному значенню відхилення від торцевого биття.

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність та перевірку доцільності обраного розміру діаметра для шпильки поз.12, яка використовується у пристосуванні для комплексної обробки. Матеріал шпильки приймаємо сталь 40Х, допустиме значення напруження якого складає 400 МПа , [16, стр.200, табл..9.1].

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:

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

Розрахунок проводимо у програмі ANSYS Workbench. Для цього завантажуюмо в програму ANSYS Workbench попередньо підготовлену 3д модель шпильки. Після завантаження деталі, призначаємо матеріал шпильки та розбиваємо модель на сітку з розміром 0,5 мм. Прикладаємо навантаження ($Q=14014$ Н), які діють на шпильку, та виконуємо розрахунок.

Результат розрахунку показан на рисунку 2.5-2.8.

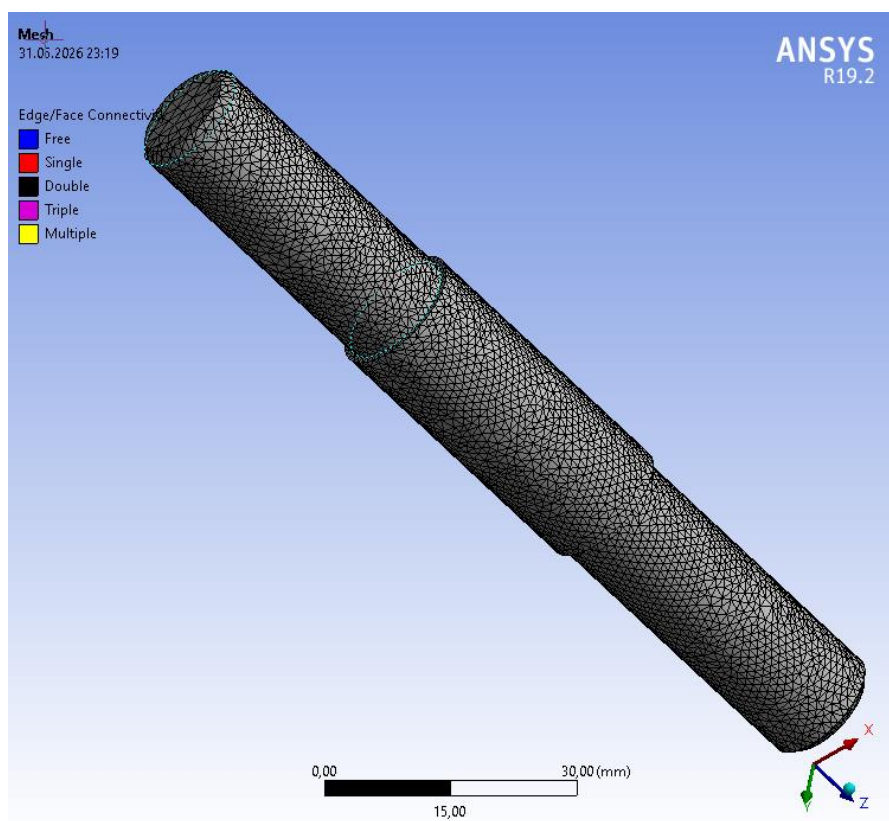


Рисунок 2.5 – Розбивка 3д моделі деталі шпилька на сітку

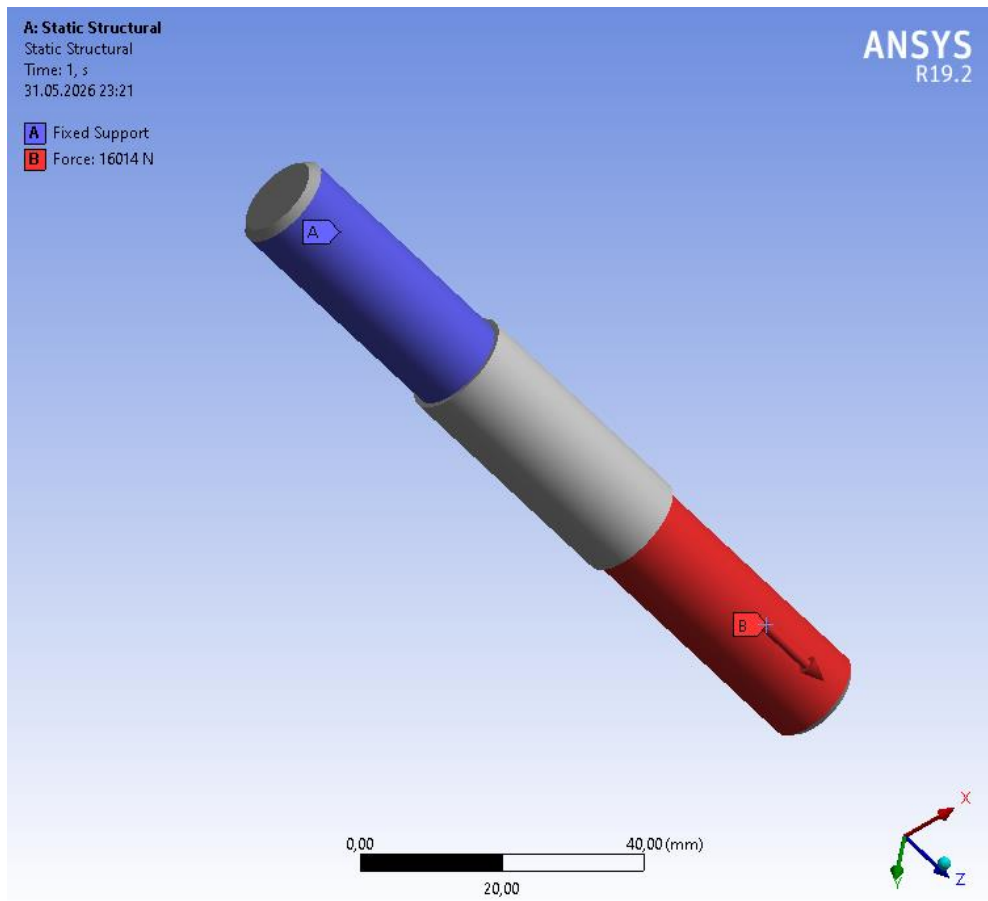


Рисунок 2.6 – Прикладання дії сил

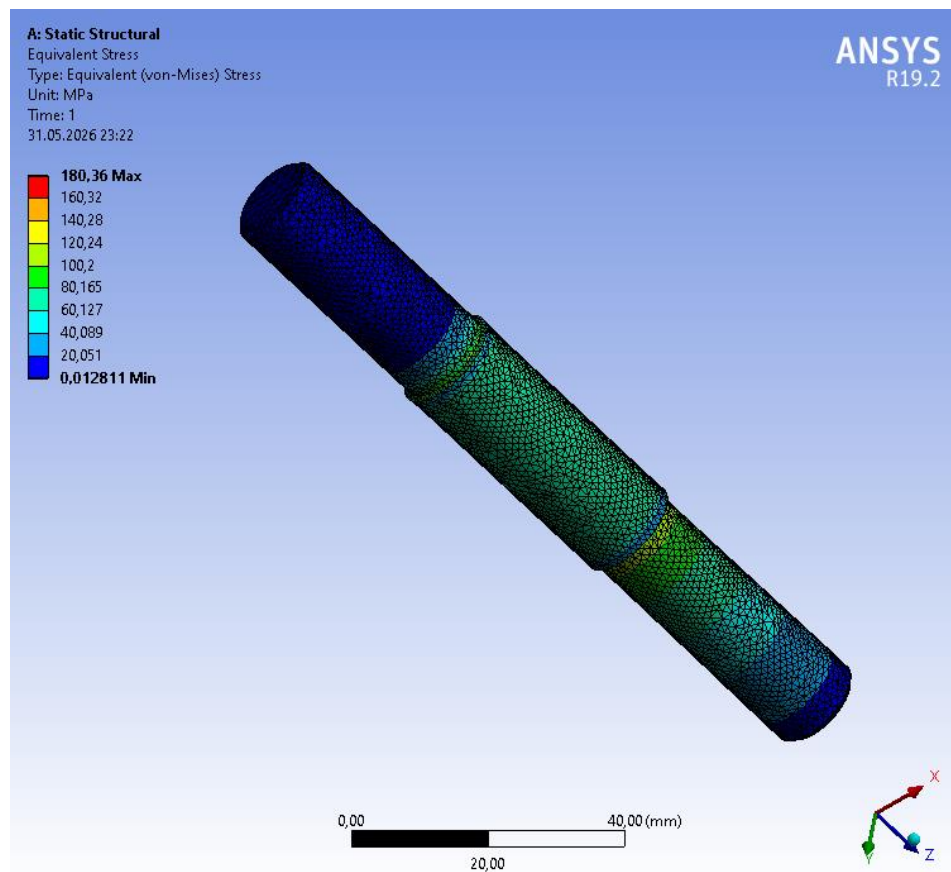


Рисунок 2.7 – Результат розрахунку на міцність шпильки

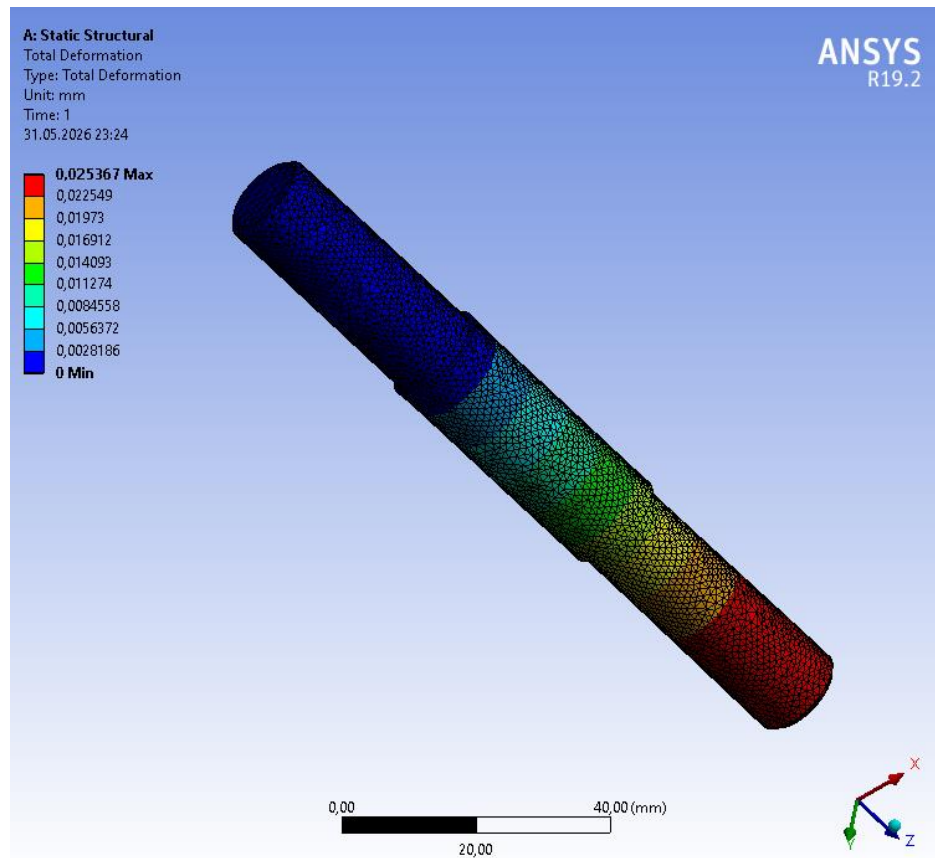


Рисунок 2.8 – Розрахунок деталі шпилька по деформації

Розрахунок показав, що значення найбільшої напруги складає 180,36 МПа.

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 180,36 = 270,54 \text{ МПа}$$

$$270,54 \text{ МПа} \leq 400 \text{ МПа}$$

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 $N = 500$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На ділянці окрім деталі «Фланець» виробляються наступні деталі: гайка передня ($N = 1500$ шт), оправка ($N = 5500$ шт), перехідник колонки ($N = 4200$ шт), фланець ($N = 3500$ 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 для кожної механічної операції, та приймаємо цю кількість шляхом округлення до цілого числа.

$$S_{P015} = \frac{357350}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 0,74,$$

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;

$$k_{3015} = \frac{0,74}{1} = 0,74$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

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

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

$$\overline{k_3} = \frac{13,88}{19} = 0,73$$

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	357350	1,49	2	0,74
020	Токарна	16K20	338650	1,41	2	0,70
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	379875	1,58	2	0,79
035	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	347700	1,45	2	0,72
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	364475	1,52	2	0,76
045	Токарна з ЧПК	HAAS ST40	334500	1,39	2	0,70
055	Комплексна з ЧПК	Huron KX15	482300	2,01	3	0,67
060	Довбальна	5122	410925	1,71	2	0,85
065	Внутрішньо- шліфувальна	3K228B	321500	1,34	2	0,67
	Всього:			13,88	19	0,73

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

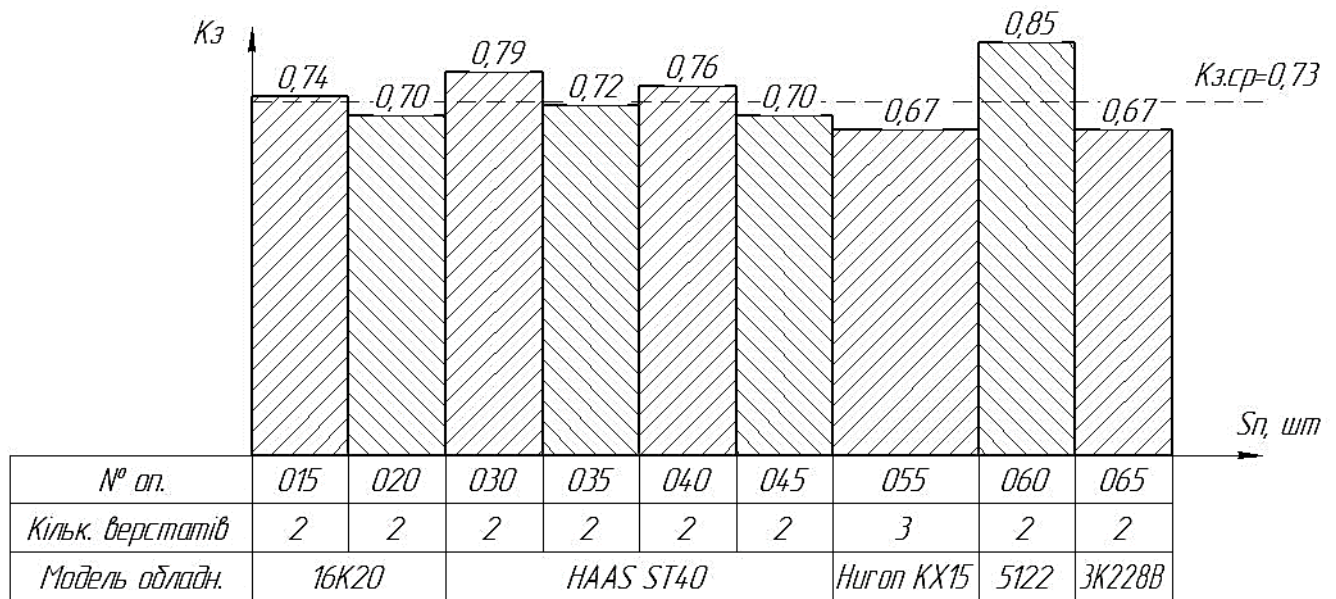


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

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, тобто:

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

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

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

Перевіряємо можливість застосування багатOVERстатного обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.030: $5,58 \geq 1,87 + 0,2 = 2,07$ – умова виконується;

Оп.035: $4,46 \leq 1,82 + 0,2 = 2,02$ – умова виконується;

Оп.040: $5,02 \geq 1,87 + 0,2 = 2,07$ – умова виконується;

Оп.045: $3,88 \geq 1,92 + 0,2 = 2,12$ – умова виконується;

Оп.055: $8,64 \geq 2,08 + 0,2 = 2,28$ – умова виконується;

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

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

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

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

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

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

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

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

i – номер зони обслуговування;

Для інших операцій розрахунок кількості основних виробничих робітників R , чел., 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;

$$m_{s \text{ 030}} = \frac{7,45}{1,87 + 0,2} = 3,6 \approx 4 \text{ верстата}$$

$$R_{030} = \frac{2}{4} = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 035} = \frac{6,28}{1,82 + 0,2} = 3,1 \approx 3 \text{ верстата}$$

$$R_{035} = \frac{2}{3} = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 040} = \frac{6,89}{1,87 + 0,2} = 3,3 \approx 3 \text{ верстата}$$

$$R_{040} = \frac{2}{3} = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 045} = \frac{5,8}{1,92 + 0,2} = 2,7 \approx 3 \text{ верстата}$$

$$R_{045} = \frac{2}{3} = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 055} = \frac{10,72}{2,08 + 0,2} = 4,7 \approx 5 \text{ верстатів}$$

$$R_{055} = \frac{3}{5} = 1 \text{ оператор}$$

Токарі (оп.015, 020):

$$R_{\text{ТОК.}} = \frac{696000}{2004 \cdot 60} \approx 6 \text{ чол.}$$

Довбальники (оп.060):

$$R_{\text{д.}} = \frac{410925}{2004 \cdot 60} \approx 3 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.065):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{321500}{2004 \cdot 60} \approx 3 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці $\sum R = 17$ 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, $\Pi = 500$ 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. Витрати на виготовлення пристосування S , грн., визначаємо 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

$$\begin{aligned}
S_a &= 150 \cdot 4 = 600 \text{ грн}, \\
S_b &= 75 \cdot 4 = 300 \text{ грн}, \\
q_a &= 0,2 \cdot 600 = 120 \text{ грн}, \\
q_b &= 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ грн}.
\end{aligned}$$

Для підрахування заробітної плати робітника Z , грн., визначаємо за формулою:

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

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

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

$$\begin{aligned}
Z_a &= 11,79 \cdot 0,96 = 11,32 \text{ грн}, \\
Z_b &= 13,80 \cdot 1,085 = 14,97 \text{ грн}.
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
C_a &= 11,32 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{600}{500} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{120}{100}\right) = 35,8 \text{ грн.}, \\
C_b &= 14,97 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{300}{500} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{60}{100}\right) = 45,87 \text{ грн.}
\end{aligned}$$

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

$$\Pi_{\kappa} = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(3_b - 3_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)}, \quad (4.5)$$

$$\Pi_{\kappa} = \frac{(600 - 300) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{120}{100}\right)}{(14,97 - 11,32) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 60 \text{ шт.}$$

Так як задана річна програма $\Pi > \Pi_{\kappa}$, та $C_a < C_b$, то більш вигідно застосовувати складне пристосування з пневмоприводом (п.2.1).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянемо питання електробезпеки на виробництві.

Електробезпека система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76.ССБТ. Електробезпека. Терміни та визначення), [18].

За багаторічними статистичними даними електротравми в загальному виробничому травматизмі складають біля 1%, а в смертельному - 15% і більше, [18].

Недотримання вимог безпеки в цьому випадку супроводжується електротравмами, щорічна кількість яких значно перевищує виробничі електротравми. Так, у тому ж 1998 р. загальна кількість електротравм зі смертельними наслідками (на виробництві і поза виробництвом) в Україні склала майже 1600, а в усьому світі, за даними міжнародних організацій, зафіксовано біля 25000 смертельних електротравм. Таким чином, при чисельності населення України менше 1% від світової, кількість смертельних електротравм перевищує 6% від загальносвітової, [18].

Приведене вище свідчить про наявність в Україні серйозної проблеми з електротравматизмом. За кожною електротравмою, і особливо тяжкою, стоять трагедія особи, сім'ї, суспільства, значні матеріальні втрати і втрати трудових ресурсів, несприятливі для суспільства морально-етичні та соціально-політичні наслідки, [18].

Як попередньо зазначалось, електротравми в загальному виробничому травматизмі складають біля 1%, а в смертельному біля 15-20%. Останнє свідчить про зміщення виду електротравм у бік тяжких, що є однією з особливостей електротравматизму, [18].

Особливістю електротравматизму є також те, що на електроустановки напругою до 1 кВ припадає до 70-80% електротравм зі смертельними наслідками, а на електроустановки, напругою по-над 1 кВ, до 20-30%, [18].

До установок, напругою понад 1 кВ, має доступ обмежена кількість працівників, які повинні мати достатній рівень підготовки з питань електробезпеки відповідну вимогам чинних нормативів групи з електробезпеки, [18].

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блоківки безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємкісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів, [18].

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів і заходів, [18].

Ізоляція струмовідних частин. Забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмовідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі за умови відсутності фаз з пошкодженою ізоляцією, [18].

Попереджувальні сигнали використовують з метою забезпечення надійної інформації про перебування електрообладнання під напругою, про стан ізоляції та пристроїв захисту, про небезпечні відхилення режимів роботи від номінальних тощо. Світловою сигналізацією обладнуються в електроустановках напругою понад 1000В комірки роз'єднувачів, масляних вимикачів, трансформаторів. У ввідних шафах комплектних трансформаторних підстанцій, незалежно від

величини напруги, передбачається попереджувальна сигналізація станів "Увімкнено" і "Вимкнено", [18].

Основні організаційно-технічні заходи і засоби щодо попередження електротравм регламентуються ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, за якими відповідальність за організацію безпечної експлуатації електроустановок покладається на власника, [18].

Згідно з чинними вимогами, власник повинен:

- призначити відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електроустановок (далі відповідальний за електрогосподарство);
- створити і укомплектувати відповідно до потреб електротехнічну службу;
- розробити і затвердити посадові інструкції працівників електротехнічної служби та інструкції з безпечного виконання робіт в електроустановках з урахуванням їх особливостей;
- створити на підприємстві такі умови, щоб працівники, на яких покладено обов'язки з обслуговування електроустановок, відповідно до чинних вимог, своєчасно здійснювали їх огляд, профілактичні, протиаварійні та приймально-здавальні випробування;
- забезпечити своєчасне навчання і перевірку знань працівників з питань електробезпеки, [18].

На малих підприємствах, за неможливості чи недоцільності створення електротехнічної служби, власник, на договірних засадах, доручає електротехнічним службам споріднених підприємств або фізичним особам, які мають відповідну підготовку, забезпечення справного стану і безпечної експлуатації електроустановок, [18].

Фахівці служби охорони праці зобов'язані контролювати безпечну експлуатацію електроустановок і повинні мати групу IV з електробезпеки з правом інспектування, [18].

Працівники, що обслуговують електроустановки, повинні мати відповідну професійну підготовку, групу з електробезпеки, підтверджену посвідченням встановленої форми (I...V), не мати медичних протипоказань і вікових обмежень щодо можливості виконання роботи в електроустановках, [18].

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення. За відсутності посвідчення або за про-строчених термінів чергової перевірки знань працівник до роботи не допускається. Чергові перевірки знань працівників, що обслуговують електроустановки, проводяться кожні 12 місяців, [18].

За вимогами і заходами безпеки роботи в електроустановках поділяються на три категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них;
- без зняття напруги на безпечній відстані від струмовідних частин, [18].

До робіт, що виконуються зі зняттям напруги, належать роботи, що проводяться в електроустановці, в якій зі струмовідних частин знято напругу і доступ в електроустановки, що перебувають під напругою, унеможливлено, [18].

До робіт, що виконуються без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах або на відстанях від цих частин, менших за безпечні, [18].

До робіт без зняття напруги на безпечній відстані від струмовідних частин, що перебувають під напругою, належать роботи, при виконанні яких випадкове наближення людей, інструменту чи механізмів на меншу за безпечну відстань до цих частин є неможливим, [18].

Роботи в електроустановках за вимогами щодо організації їх безпечного виконання поділяються на такі, що виконуються:

- за нарядами-допусками;
- за розпорядженнями;
- в порядку поточної експлуатації, [18].

Роботи, що виконуються за нарядами-допусками, оформляються нарядом встановленої форми, в якому вказується місце робіт, їх обсяг, особи, відповідальні за безпечну організацію і виконання робіт, склад бригад та заходи безпеки, [18].

Роботи, що виконуються за розпорядженнями, реєструються в спеціальному журналі. При цьому встановлюється час виконання робіт, їх характер, організаційно-технічні заходи безпеки, відповідно до чинних вимог, та відповідальні особи, [18].

Роботи, що виконуються в порядку поточної експлуатації реєструються в журналі реєстрації цих робіт, [18].

На підприємствах наказом затверджується перелік робіт, які виконуються за нарядами, за розпорядженнями та в порядку поточної експлуатації, і призначаються особи, відповідальні за безпечну організацію і безпечне виконання цих робіт. При виконанні робіт за нарядами-допусками і розпорядженнями такими особами є:

- працівник, який видає наряд чи розпорядження;
- працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця;
- працівник, який готує робоче місце;
- працівник, який допускає до роботи;
- керівник робіт;
- працівник, який наглядає за безпечним виконанням робіт;
- члени бригади, [18].

ДНАОП 0.00-1.21-98 регламентує вимоги безпеки щодо рівня професійної підготовки зазначених вище працівників, їх групи з електробезпеки та заходи і засоби безпечного виконання робіт в електроустановках залежно від їх особливостей, [18].

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 обґрунтовано. Було розроблено план обробки деталі, розраховані припуски, визначено операційні розміри по переходам. На операції визначено режими різання та нормування.

Для комплексної обробки було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю торцьового 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 техно-логічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 8.090101 Прикладне матеріалознавство; 8.090202 Технологія машинобудування; 8.090203 Металорізальні верстати та системи; 7.090260 Технологія будування авіаційних двигунів, денної форми навчання / Укл. В.М. Плєскач, І.В. Акімов – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 1. / [під ред. А.Г.Косілової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 694 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 2. / [під ред. А.Г.Косілової, 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. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» - Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 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. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підруч для студ вищих навч закладів За ред М П Гандзюка К Каравела, 2004 408 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
					НУЗП 29124.1.016 СБ	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
				1	НУЗП 29124.1.016.01 СБ	Пневмоциліндр 1011-200x25		
						ГОСТ 15608-81	1	
						Деталі		
				2	НУЗП 29124.1.016.02	Плита	1	
				3	НУЗП 29124.1.016.03	Кільце	1	
				4	НУЗП 29124.1.016.04	Втулка	1	
				5	НУЗП 29124.1.016.05	Кришка	1	
				6	НУЗП 29124.1.016.06	Центратор $\phi 40$	1	
				7	НУЗП 29124.1.016.07	Центратор $\phi 15$	1	
						Стандартні вироби		
				8		Гайка М16		
						ГОСТ 4032-2015	1	
				9		Гвинт М8х30		
						ГОСТ 1491-80	6	
				10		Гвинт М6х20		
						ГОСТ 1207-2015	4	
				11		Гвинт М6х35		
						ГОСТ 1491-80	6	
Инв. № подл.						НУЗП 29124.1.016.00 Пристосування для комплексної обробки Специфікація		
		Изм. Лист	№ докум.		Подп.	Дата	Лист	Листов
		Разраб.	Судник Г.В.				1	2
		Пров.	Вишнепольський Є.В.				НУ ЗП гр.М-112	
		Н.контр.	Дядя С.І.					
		Утв.	Дядя С.І.				Формат А4	

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>
<i>Изм. Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>НУЗП 29124.1.016.00</i>
				<i>Лист</i>
				<i>2</i>

ДОДАТОК Б
Керуюча програма

```
TOOL PATH/DEEP_HOLE_DRILLING,TOOL,STD_DRILL
TLDDATA/DRILL,MILL,15.0000,0.0000,80.0000,118.0000,35.0000
MSYS/0.0000,0.0000,0.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/-95.0000,0.0000,10.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-95.0000,0.0000,2.0000
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
FEDRAT/MMPM,125.0000
GOTO/-95.0000,0.0000,-13.0065
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/-95.0000,0.0000,-40.5000
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/-95.0000,0.0000,-55.0065
DELAY/1.0000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/-95.0000,0.0000,2.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-95.0000,0.0000,10.0000
RAPID
GOTO/-47.5000,82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/-47.5000,82.2724,3.0000
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
GOTO/-47.5000,82.2724,-12.0065
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/-47.5000,82.2724,-40.5000
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/-47.5000,82.2724,-55.0065
DELAY/1.0000
```

SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/-47.5000,82.2724,3.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-47.5000,82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/47.5000,82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/47.5000,82.2724,3.0000
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
GOTO/47.5000,82.2724,-12.0065
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/47.5000,82.2724,-40.5000
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/47.5000,82.2724,-55.0065
DELAY/1.0000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/47.5000,82.2724,3.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/47.5000,82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/95.0000,0.0000,10.0000
RAPID
GOTO/95.0000,0.0000,2.0000
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
GOTO/95.0000,0.0000,-13.0065
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/95.0000,0.0000,-40.5000
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/95.0000,0.0000,-55.0065
DELAY/1.0000
SPINDL/OFF

```
COOLNT/OFF
PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/95.0000,0.0000,2.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/95.0000,0.0000,10.0000
RAPID
GOTO/47.5000,-82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/47.5000,-82.2724,3.0000
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
GOTO/47.5000,-82.2724,-12.0065
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/47.5000,-82.2724,-40.5000
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/47.5000,-82.2724,-55.0065
DELAY/1.0000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/47.5000,-82.2724,3.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/47.5000,-82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/-47.5000,-82.2724,10.0000
RAPID
GOTO/-47.5000,-82.2724,2.0000
COOLNT/THRU,HIGH
SPINDL/RPM,716,CLW
PAINT/COLOR,31
GOTO/-47.5000,-82.2724,-13.0065
DELAY/1.0000
FEDRAT/250.0000
GOTO/-47.5000,-82.2724,-40.5000
DELAY/1.0000
FEDRAT/125.0000
GOTO/-47.5000,-82.2724,-55.0065
DELAY/1.0000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
```

```

PAINT/COLOR,37
RAPID
GOTO/-47.5000,-82.2724,2.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-47.5000,-82.2724,10.0000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/WALL_PROFILING,TOOL,MILL
TLDATA/MILL,40.0000,0.0000,112.0000,0.0000,0.0000
MSYS/0.0000,0.0000,0.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
LOAD/TOOL,0,ADJUST,0
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/10.0000,-129.5929,10.0000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/10.0000,-129.5929,-45.0000
PAINT/COLOR,42
FEDRAT/MPPM,250.0000
GOTO/10.0000,-129.5929,-48.0000
CIRCLE/0.0000,-129.5929,-48.0000,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000,10.0000,0.0600,0.5000,40.0000,0.0000
GOTO/0.0000,-119.5929,-48.0000
PAINT/COLOR,31
GOTO/-69.0470,-119.5929,-48.0000
GOTO/-138.0940,0.0000,-48.0000
GOTO/-69.0470,119.5929,-48.0000
GOTO/69.0470,119.5929,-48.0000
GOTO/138.0940,0.0000,-48.0000
GOTO/69.0470,-119.5929,-48.0000
GOTO/0.0000,-119.5929,-48.0000
GOTO/-1.0000,-119.5929,-48.0000
PAINT/COLOR,37
CIRCLE/-1.0000,-129.5929,-48.0000,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000,10.0000,0.0600,0.5000,40.0000,0.0000
GOTO/-11.0000,-129.5929,-48.0000
GOTO/-11.0000,-129.5929,-45.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/-11.0000,-129.5929,10.0000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH

```

ДОДАТОК В
Технологічні карти

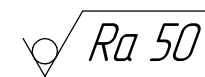
[illegible]

[illegible]

[illegible]

2

005

 $\overline{KE}$

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.26016

1

1

Розроб. Судник Г.В.

НУЗП

НУЗП 71124.1.016

М-112.2014.1.00015

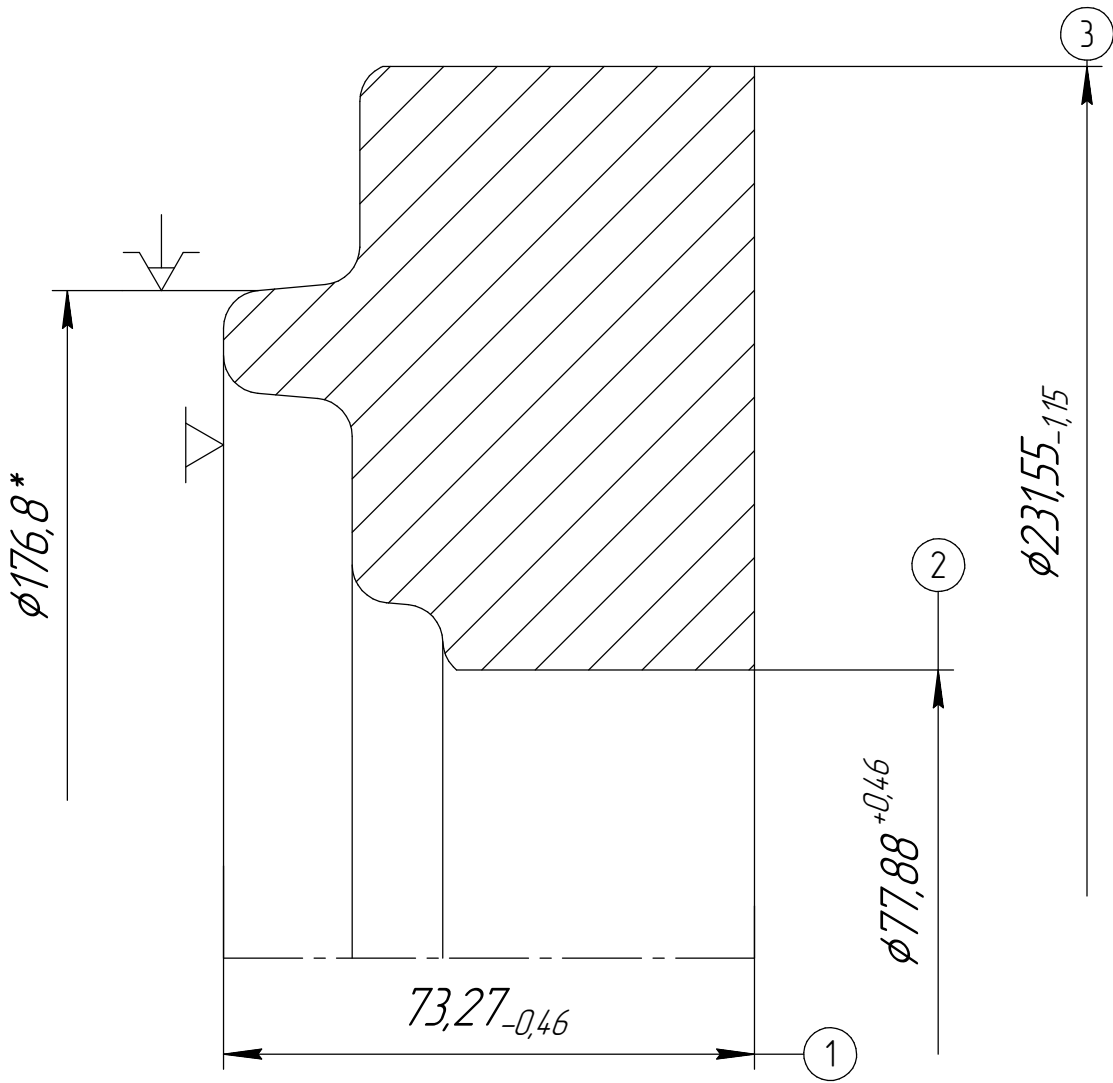
Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Фланець

015

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



* – Розміри для довідок

KE

--	--	--	--	--

[illegible]

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
														НЧЗП 0214.126016			2		
												НЧЗП 71124.1.016			М-112.6014.1.00015			015	
												НЧЗП 71124.1.016			М-112.6014.1.00015			015	
Р									ПН	Д или В	L	f	l	s	n	v			
Р 01									02	231,55	61,2	2,93	1	0,5	80	58,2			
02																			
03	4. Розточити поверхню, витримуючи розмір 2																		
04	ВН Державка для різців																		
05	РН Резець розточний спеціальний																		
06	СН Шаблон $\phi 77,88$ спеціальний;																		
Р 07									03	77,88	49,43	2,29	1	0,5	200	48,9			
08																			
09	5. Зняти деталь																$t_{CH}=0,1$		
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
OK																			

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.26016

1

1

Розроб. Судник Г.В.

НУЗП

НУЗП 71124.1.016

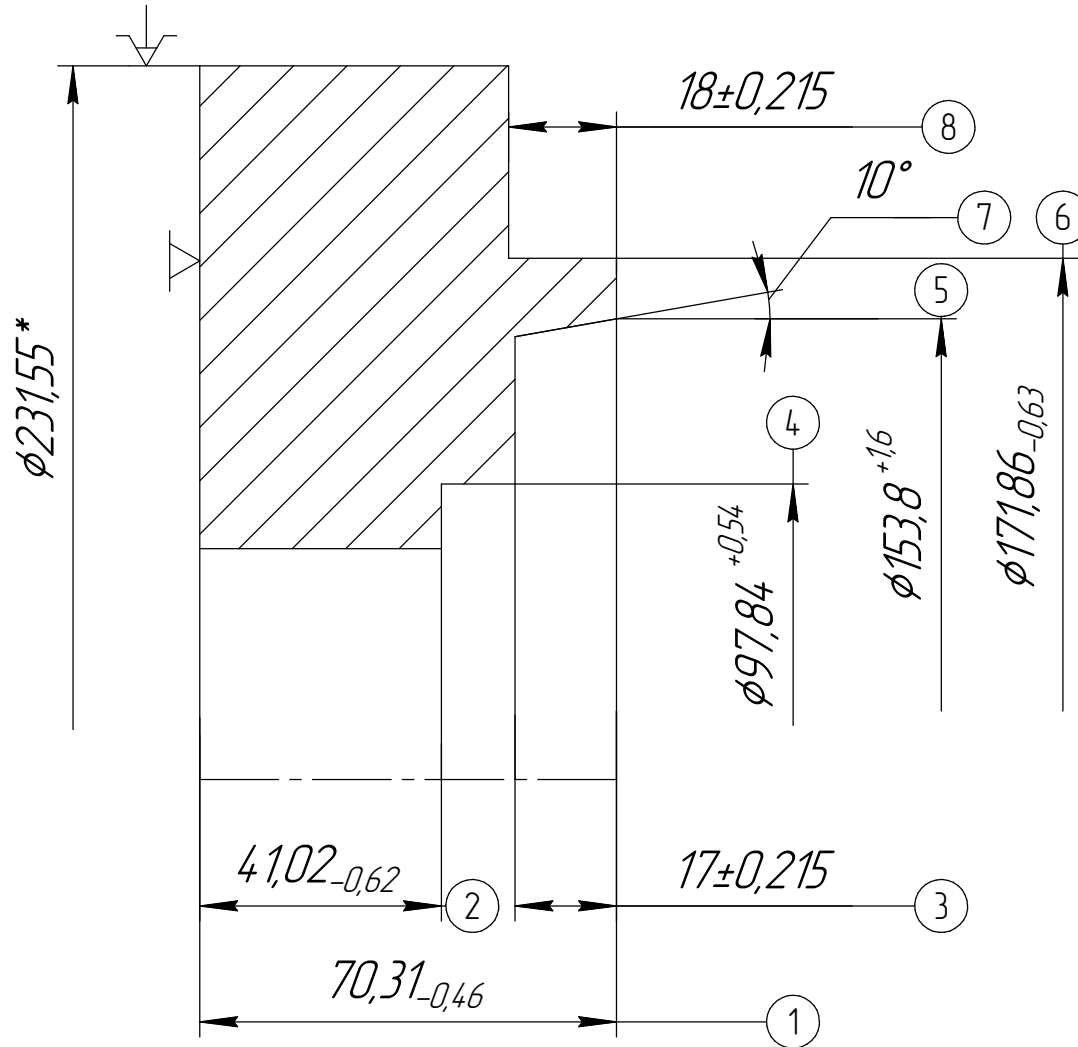
М-112.2014.1.00020

Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Фланець

020



* – Розміри для довідок

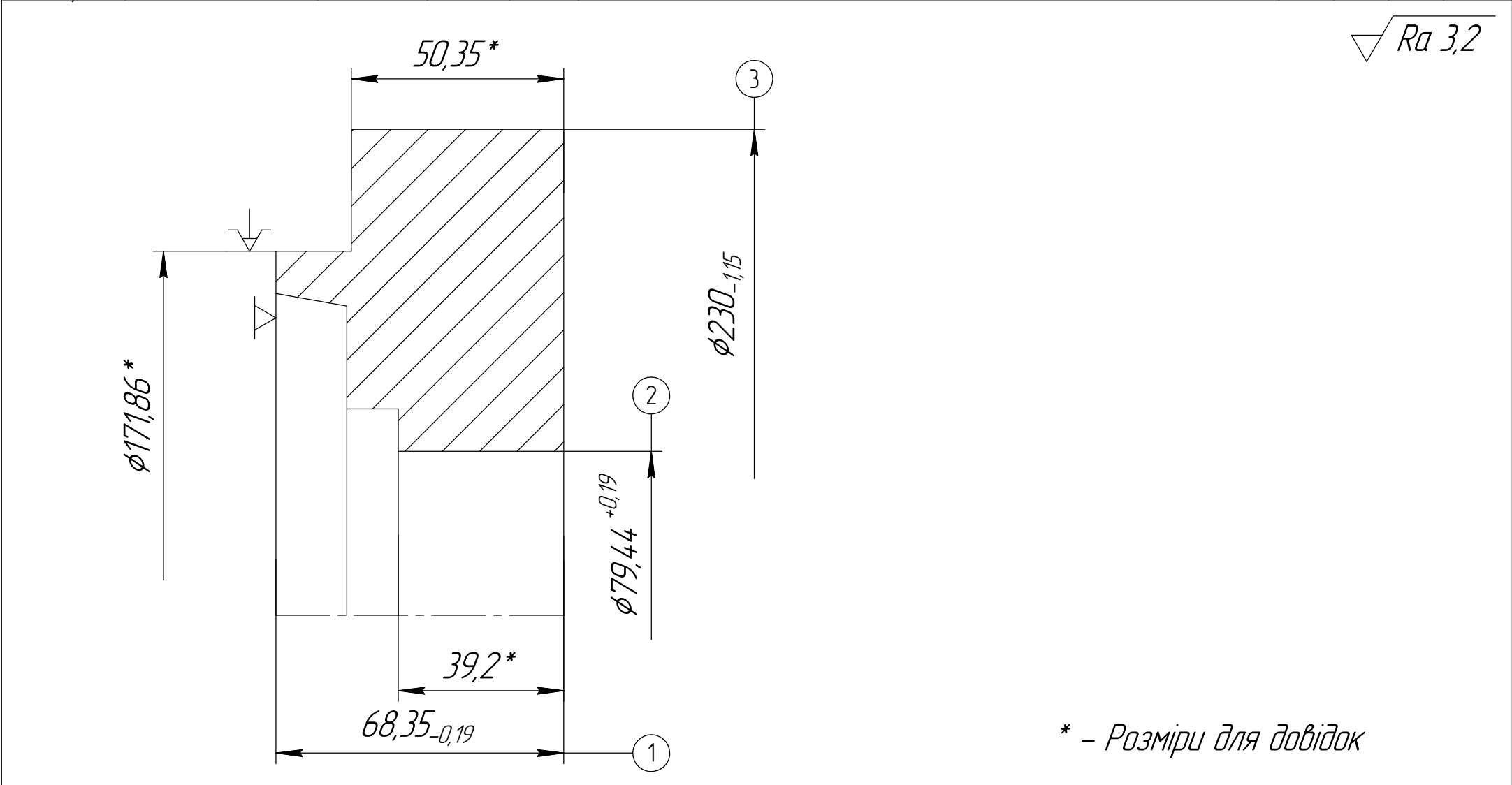
KE

[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

						НУЗП 0214.1.26016	1	1
Розроб.	Судник Г.В.			НУЗП	НУЗП 71124.1.016		М-112.2014.1.00030	
Перевір.	Вишнепольський Є.В.							
Н. контр.	Дядя С.І.			Фланець				030



KE		
----	--	--

[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.26016

2

1

Розроб.	Судник Г.В.		
Перевір.	Вишнепольський Є.В.		
Н. контр.	Дядя С.І.		

НУЗП

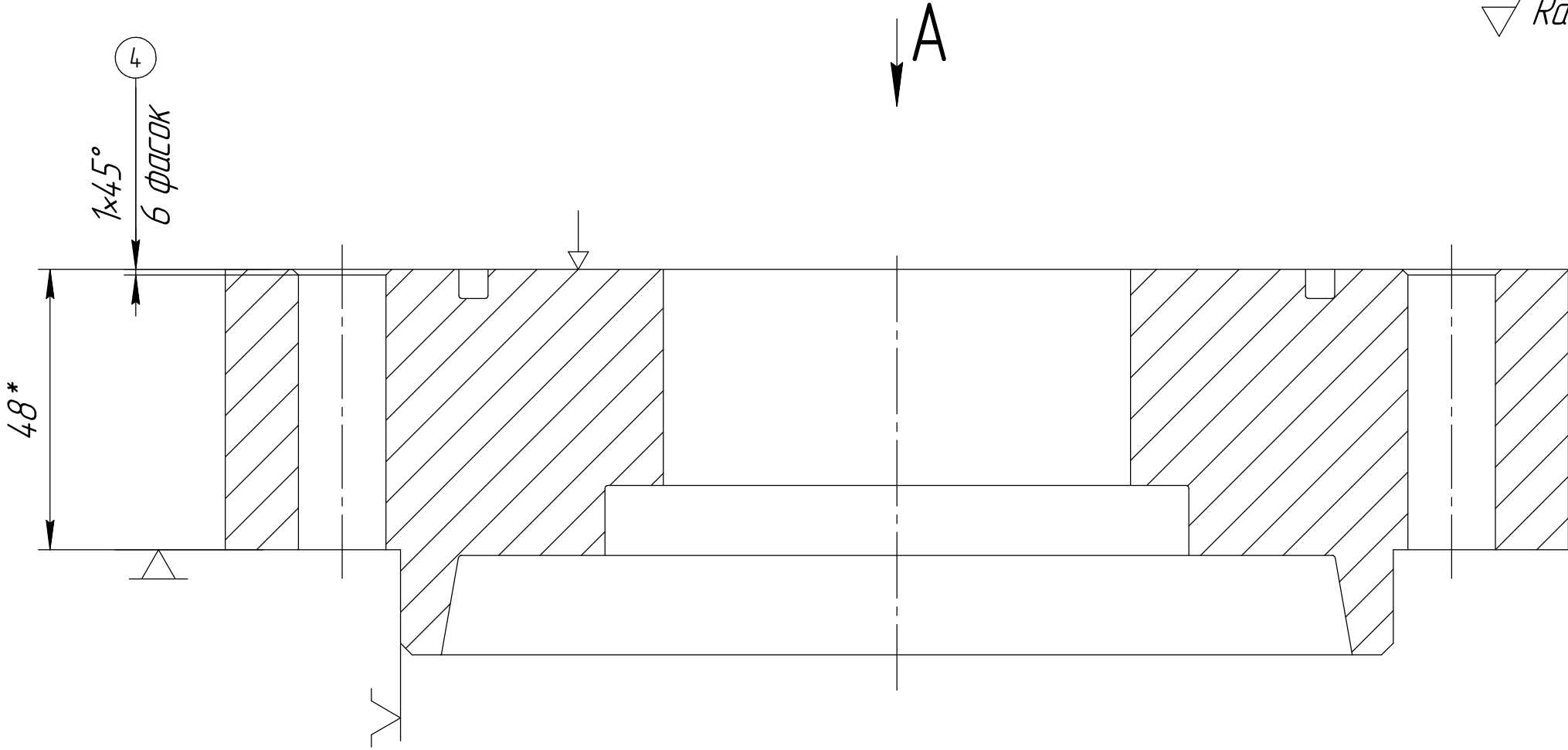
НУЗП 71124.1.016

М-112.2014.1.00055

Фланець

055

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



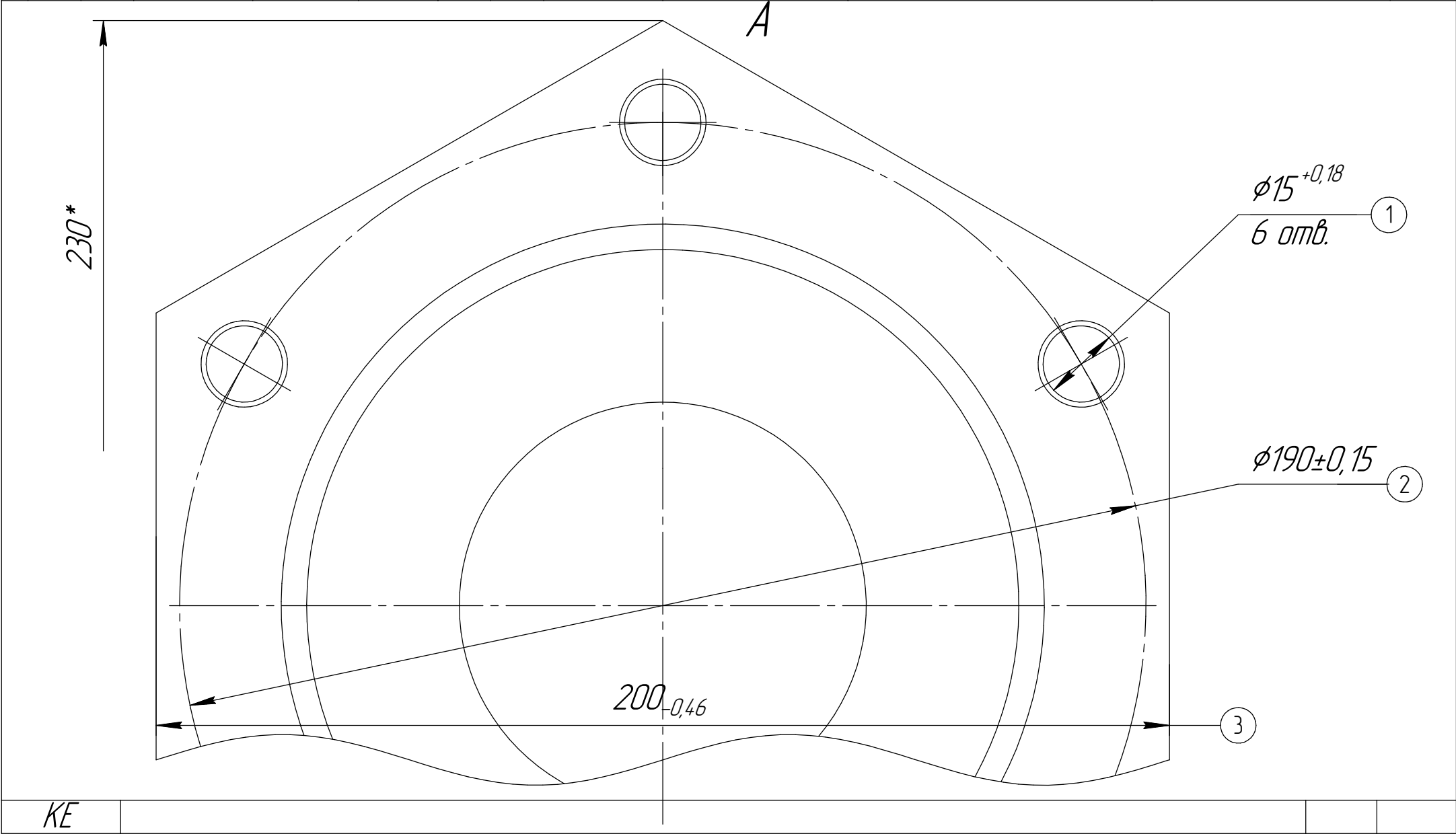
* – Розміри для довідок

KE

--	--	--	--	--

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

											НУЗП 0214.1.26016	2	
											НУЗП 71124.1.016	М-112.2014.1.00055	055

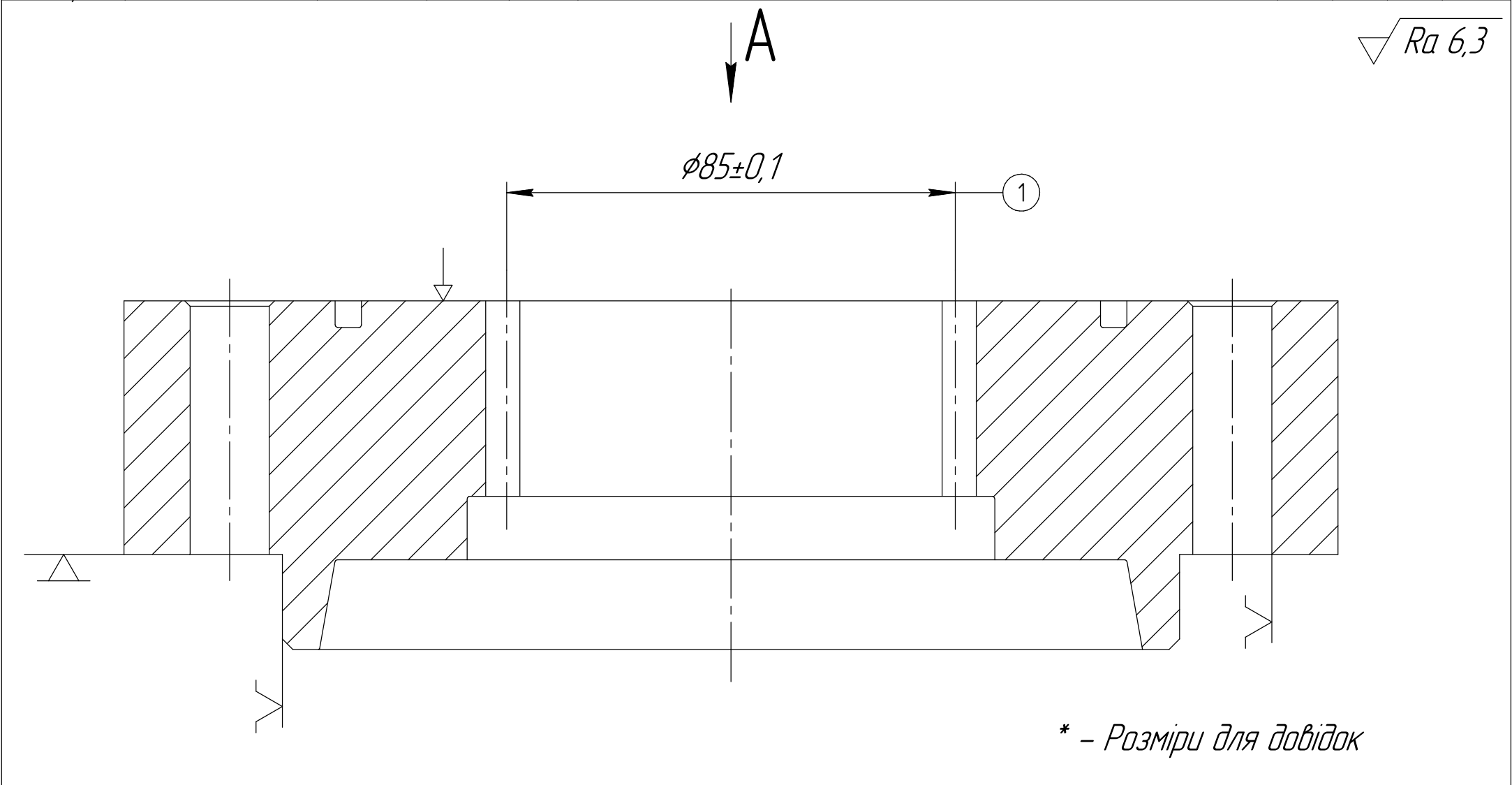


[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

						НУЗП 0214.1.26016	2	1
Розроб.	Судник Г.В.			НУЗП	НУЗП 71124.1.016		М-112.2014.1.00060	
Перевір.	Вишнепольський Є.В.							
Н. контр.	Дядя С.І.			Фланець				060



KE			
----	--	--	--

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

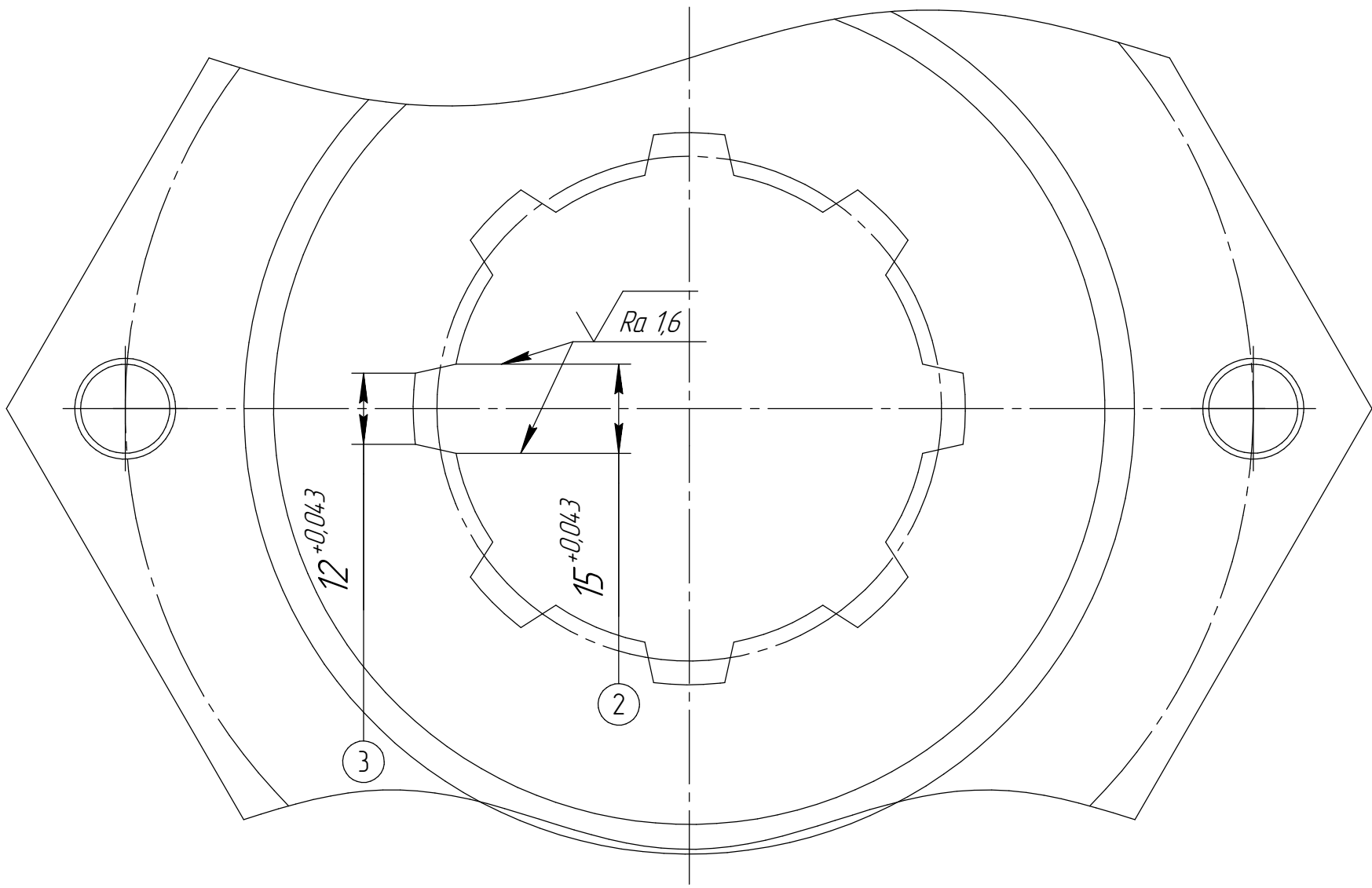
НУЗП 0214.126016

2

НУЗП 71124.1.016

М-112.2014.1.00060

060



KE

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.26016	2	1
-------------------	---	---

Разрад.	Судник Г.В.			НУЗП	НУЗП 71124.1.016		М-112.6014.1.00060
Провер.	Вишнепольський Є.В.						
Н. контр.	Дядя С.І.			Фланець			060

Наименование операции	Матеріал	Твердість	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Довдальна	Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015	HRC 35...45	166	10,8	φ237,4×77,2	18,14	1
Оборудование, устройство с ЧПУ	Обозначение программы	T _о	T _в	T _{п.з.}	T _{шт.}	СОЖ	
Довдальний 5122	—	6,07	1,6	32	8,44	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75	

P		ПН	D или B	L	f	l	s	n	v
O 01	1. Встановити та закріпити деталь								t _{уч} =0,07
T 02	ПР Пристосування спеціальне								
03									
O 04	2. Довдати шліці, витримуючи розміри 1, 2, 3								
T 05	ВИ Патрон спеціальний								
06	РИ Різець довдальний прохідний спеціальний								
07	СИ Шаблон φ85 спеціальний; Шаблон 15 спеціальний; Шаблон 12 спеціальний;								
P 08		01	85	41	6,5	8	0,6	90	24,7
09									
O 10	3. Зняти деталь								t _{сн} =0,1
T 11									
12									
13									
OK									