

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)

_____ золотника шліфувального верстата _____

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

_____ «Технології машинобудування» _____

_____ СЛОБОДЧУКОВ К.Р. _____

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____ СТЕПАНОВ Д.М. _____

(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)

СЛОБОДЧУКОВУ Кирилу Руслановичу

1. Тема проєкту (роботи) «Розроблення технологічного процесу виготовлення золотника шліфувального верстата»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент, СТЕПАНОВ Дмитро Миколайович,
(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 «Золотник»,

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 «Золотник», 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	СТЕПАНОВ Д.М., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
Нормоконтроль	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)

_____ Кирило СЛОБОДЧУКОВ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Дмитро СТЕПАНОВ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 95 с., 10 табл., 22 рис., 3 дод., 19 джерел.

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

Об'єкт дослідження – золотник.

Мета роботи – розроблення технологічного процесу виготовлення золотника шліфувального верстата.

В дипломному проєкті спроектовано технологічний процес виготовлення золотника. Визначено метод отримання заготовки та економічно обгрунтовано. Виконано розрахунок технологічних переходів на основі якого був розроблений маршрут обробки золотника. 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 ділянці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	17
1.4.1 Вибір технологічних баз	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	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	34
1.6.1 Операція 020 - Токарна	34
1.6.2 Операція 045 – Свердлильна з ЧПК	39
1.6.3 Операція 075 – Круглошліфувальна	42
1.7 Технічне нормування операцій	44
1.7.1 Операція 020 - Токарна	44
1.7.2 Операція 045 – Свердлильна з ЧПК	46
1.7.3 Операція 080 – Круглошліфувальна	47
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	49
2 Конструкторська частина	52
2.1 Проектування робочого пристосування	52

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	53
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	53
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	55
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	58
2.3 Розрахунок на міцність	60
3 Організаційна частина	63
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	63
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	65
4 Економічна ефективність пристроїв	68
5 Охорона праці	72
Висновки	75
Перелік джерел посилання	76
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	78
Додаток Б. Керуюча програма	81
Додаток В. Технологічні карти	83

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 «Вал» 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 «Золотник» (рис.1.1) входить у вузол гідропривода і призначена для передачі крутного моменту. Деталь відноситься до тіл обертання, має ступінчасту форму.

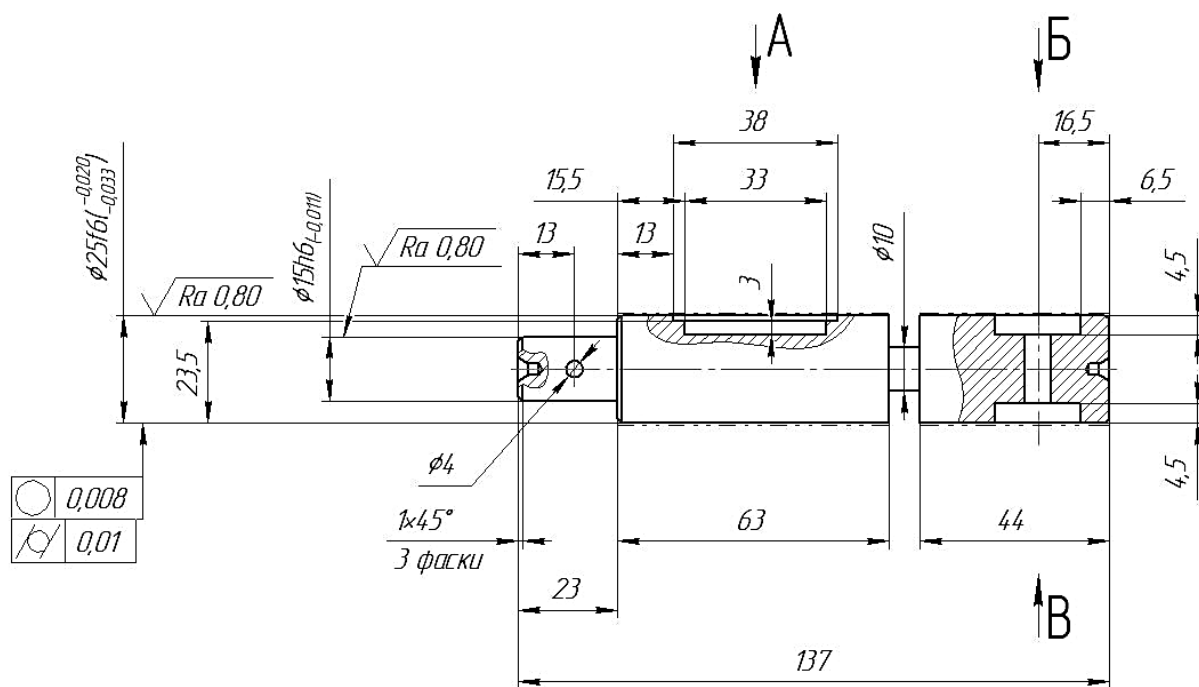


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Золотник»

Деталь «Золотник» відноситься до валів, та працює в умовах високих частотах обертання. Робоча температура деталі «Золотник» та їй подібних: від -60°C до $+200^\circ\text{C}$.

Загальна шорсткість деталі складає 6,3 мкм. Найбільш точними поверхнями деталі являються $\phi 15h6_{-0,011}$ з шорсткістю 0,8 мкм, $\phi 25f6_{-0,033}^{+0,020}$ з шорсткістю 0,8 мкм. Для забезпечення складання вузлів у деталі виконуються шпонкові пази 8x33x3, 8x20x4,5 та 8x20x4,5 на поверхні $\phi 25f6_{-0,033}^{+0,020}$. Дана поверхня у процесі виготовлення піддається термообробці ТВЧ.

Центрувальні отвори у деталі виконуються для спрощеного виготовлення деталі та значення у процесі роботи деталі не мають.

Деталь «Золотник» виготовляється з конструкційної легованої хромистої 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, С	Марганець, Mn	Кремній, Si	Сірка, S	Фосфор, P	Мідь, Cu	Хром, Cr	Нікель, Ni
			не більше, %				
0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,035	0,035	0,3	0,8-1,1	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 , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
785	980	10	45	49

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – гарту від 860 °С в маслі та відпуск при 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].

Також у процесі виготовлення поверхня $\varnothing 25f6_{-0,033}^{-0,020}$ піддається гартування ТВЧ – термообробка деталей струмом високої частоти. ТВЧ гартування - фактично, це один з найсучасніших та прогресивних методів термічної обробки деталей, виробів з металів. Також цей метод термічної обробки сталей відомий фахівцям під назвою індукційне гартування, [20].

Гартування ТВЧ це вид термічної обробки заготовлі або деталі, що робиться струмами високої частоти та застосовується для значного покращення її характеристик та експлуатаційних якостей, [20].

Загартування ТВЧ сталі, шестерен, валів, інших металевих виробів здійснюється шляхом контрольованого індукційного нагрівання приповерхневих шарів деталі вихоровими струмами високої частоти. Середина деталі при цьому зберігає свою пластичність, [20].

На відміну від стандартних технологій термічної обробки металів з використанням для розігріву металів спеціальних печей, при застосуванні технології ТВЧ гартування нагрів заготовель, деталей до необхідних температур здійснюється саме струмами високої частоти з застосуванням промислового ТВЧ нагрівача.

Потужний індукційний нагрівач металу ТВЧ установки генерує значне магнітне поле, що проходить скрізь деталь - і поверхневі шари металу деталі швидко розігріваються вихоровими струмами магнітного поля. Загалом, технологія ТВЧ гартування та обладнання надають широкі можливості регулювання глибини термічної обробки заготовлі в поєднанні з іншими перевагами, [20].

Така специфіка температурної ТВЧ обробки дозволяє досягти при застосуванні термічки значного збільшення міцності деталі, підвищений рівень її твердості та зносостійкості. При цьому також усувається загальна крихкість виробу, [20].

У сучасному виробництві об'ємне гартування металу нагріванням ТВЧ є практично обов'язковим при виготовленні деталей та вузлів, розрахованих на

довготривалу експлуатацію, а також для деталей, що несуть підвищене механічне навантаження, [20].

Загалом, застосування обробки ТВЧ валів, шестерень значно збільшує ресурс їх роботи в навантажених механізмах, [20].

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 $N = 2000$ шт. та маси оброблюваної на проєктованій ділянці деталі $m = 0,42$ кг як серійне виробництво.

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

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

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

Φ – кількість робочих днів на рік (254 днів на 2026 рік).

$$n = \frac{2 \cdot 2000}{254} \approx 16 \text{ шт.}$$

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

обробка здійснюється потоковим 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 з прутка гарячекатанного та заготовка, отримана методом штампування на КГШП.

Вагу деталі, а також ваги заготівок визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага деталі складає $q = 0,42$ кг (рис. 1.2).

Заготовка з прутка розмірами $\varnothing 28 \times 150$ мм має вагу $Q_1 = 0,725$ кг (рис.1.3).

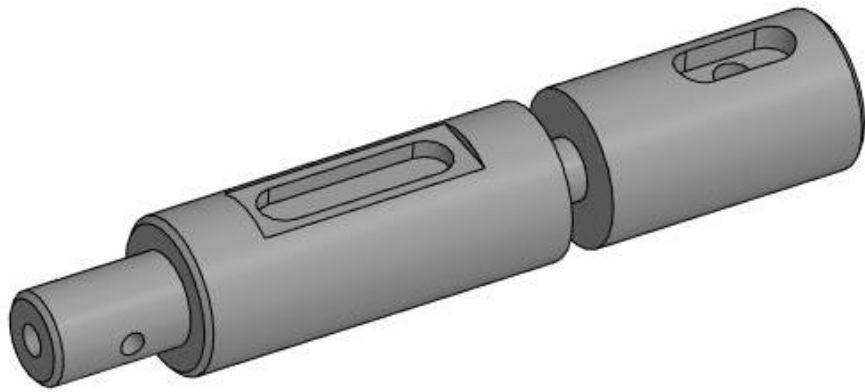


Рисунок 1.2 – Результат розрахунку МЦХ готової деталі

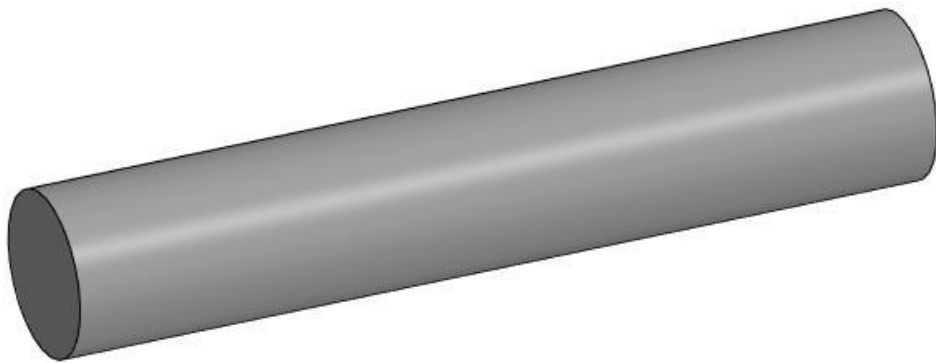


Рисунок 1.3 – Результат розрахунку МЦХ заготовки з прутка

Для заготовки, отриманої методом штампування на КГШП (рис.1.4) встановлюємо припуски на механічну обробку за [4, стр.12, табл. 1.3]: для 1 кл. точності приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 1,4$ мм; для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 1,5$ мм; $120 - 260$ мм $Z = 1,5$ мм. Вага заготовки з врахуванням припусків складає $Q_2 = 0,602$ кг.

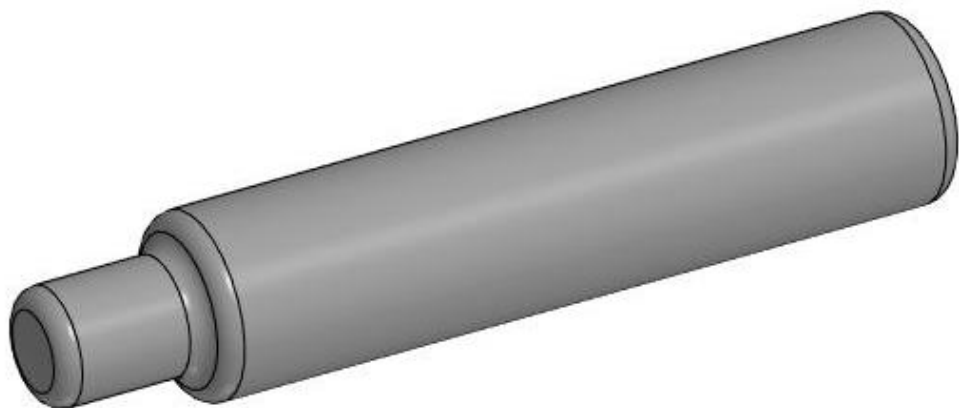


Рисунок 1.4 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки, отриманої штампуванням, розраховується по формулі:

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

Вартість заготовки з прокату розраховується по формулі:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{отх.}}}{1000}, \quad (1.3)$$

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].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,725 - (0,725 - 0,42) \cdot \frac{140}{1000} = 2,50 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,602 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 - (0,602 - 0,42) \cdot \frac{140}{1000} = 2,90 \text{ грн.}$$

$$B_1 < B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

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

$$\eta_1 = \frac{0,42}{0,725} = 0,58$$

$$\eta_2 = \frac{0,42}{0,602} = 0,70$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			пруток	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	Ø28x150	1,4; 1,5
Вага заготовки	Q	кг	0,725	0,602
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-		1,0
	K_M	-		1,22
	K_B	-		1,0
	K_n	-		1,14
	K_3	-		1,0
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	2,50	2,90
Коеф. використання матеріалу	η	-	0,58	0,70

Так як $B_1 < B_2$, $\eta_1 < \eta_2$, то порівнюємо додаткові витрати на виготовлення заготовок за другим варіантом з додатковими витратами на матеріал по першому варіанту.

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок по другому варіанту за формулою:

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

$$E_{B2} = (2,9 - 2,50) \cdot 2000 = 800 \text{ грн.}$$

Розраховуємо додаткові витрати на матеріал по першому варіанту:

$$Z_{M1} = \frac{B_{61}}{1000} \cdot M_1 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} \quad (1.5)$$

де M_1 — додаткова використана вага матеріалу при отриманні заготовок першим способом.

$$M_1 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.6)$$

$$M_1 = \frac{0,42 \cdot (0,7 - 0,58)}{0,7 \cdot 0,58} \cdot 2000 = 248 \text{ кг}$$

$$Z_{M1} = \frac{3500}{1000} \cdot 248 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1207 \text{ грн.}$$

Так як $E_{B2} < Z_{M1}$, а $\eta_1 < \eta_2$, то обираємо спосіб виготовлення 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 наявності випорів, облою та ін..

За чорнові бази приймаємо необроблену циліндричну поверхню 4 з упором у торець 9 на першій механічній операції.

На чистових токарних та шліфувальних операціях базовими поверхнями є центрувальні отвори.

На свердлильних та фрезерних операціях базовими поверхнями є зовнішні циліндричні поверхні 4, 8 з упором у торець 1 та 9.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

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

Поняття уточнення заготовки при механічній обробці 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. 1.6.

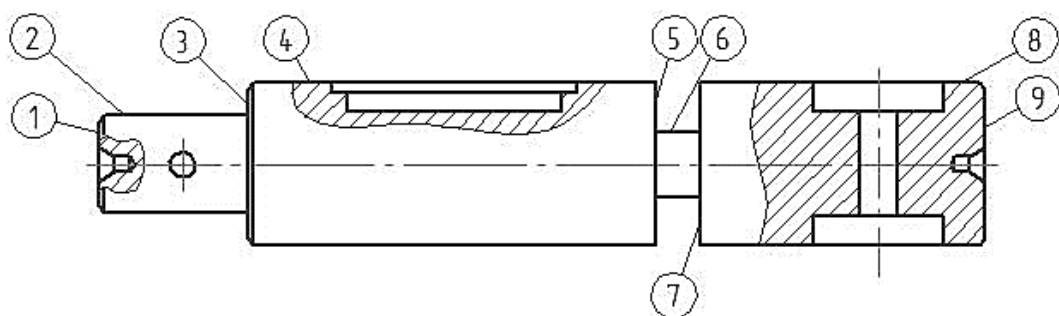


Рисунок 1.6 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

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

Номер поверхні та її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхні			
	Вид	Тип	Квалітети точності розміру		Шорсткість, Ra, мкм	
			деталь	заготовка	деталь	заготовка
№1, 9 137	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№2 Ø15h6-0,011	циліндрична	зовнішня	h6	~IT16	0,8	40
№3, 1 23	торцева	зовнішня	±IT14/2	~IT16	6,3	40
№4, 8 Ø25f6 ^{-0,020} _{-0,033}	циліндрична	зовнішня	f6	~IT16	0,8	40
№5, 3 63	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№6 Ø10	циліндрична	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№7, 9 44	торцева	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40

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

Для поверхні №2 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:

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

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +0,6; ei_{d3} = -0,3; Td_3=0,9 \text{ мм} \quad Ra_3=40 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо потрібні уточнення за формулою:

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

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

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

$$\varepsilon_{Td} = \frac{900}{11} = 81,8; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{40}{0,8} = 50;$$

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2lg81,8 = 3,8, \text{ приймаємо } k = 4.$$

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

$$IT16 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow h6$$

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

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

Перехід 1 – точіння чорнове $h12$, $Td=0,18$ мм, Ra 6,3:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{900}{180} = 5; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{6,3} = 6,35;$$

Перехід 2 – точіння напівчистове $h10$, $Td=0,07$ мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{180}{70} = 2,57; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97;$$

Перехід 3 – точіння чистове $h8$, $Td=0,027$ мм, Ra 1,6:

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{70}{27} = 2,6; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2;$$

Перехід 4 – шліфування h6, Td=0,011 мм, Ra 0,8:

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{27}{11} = 2,46; \quad \varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 5 \cdot 2,57 \cdot 2,6 \cdot 2,46 = 82,0$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 6,35 \cdot 1,97 \cdot 2 \cdot 2 = 50$$

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

Таблиця 1.5 – План обробки поверхонь

Характер та показник точності та якості поверхонь	Показник j	Уточнення ε	Кіл. переходів		Різниця показників та ППТЯ	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№1, 9 торцева 137h14-1,0 Ra6,3 Заг. IT16 Ra40	d	1,1			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra6,3→ Ra6,3	1	Заготовка	1100	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	1000	6,3	1,1	6,35
						3	Точіння чистове	1000	6,3	1,0	1,0
						Загальне уточнення				1,1	6,35
№2 циліндрична Ø15h6-0,011 Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	81,8	3,8	4	IT16 → h12 → h10→ h8 → h6	1	Заготовка	900	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	180	6,3	5	6,35
					Ra40 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	3	Точіння напівчистове	70	3,2	2,57	1,97
						4	Точіння чистове	27	1,6	2,6	2
						5	Шліфування	11	0,8	2,46	2
						Загальне уточнення				82	50
№3, 1 торцева 23±0,26 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	1,73			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra6,3→ Ra6,3	1	Заготовка	900	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	520	6,3	1,73	6,35
						3	Точіння чистове	520	6,3	1,0	1,0
						Загальне уточнення				1,73	6,35

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№5, 3 торцева 63h14-0,74 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	1,35			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra6,3→ Ra6,3	1	Заготовка	1000	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	740	6,3	1,35	6,35
						3	Точіння чистове	740	6,3	1,0	1,0
						Загальне уточнення				1,35	6,35
№4, 8 циліндрична Ø25f6 ^{-0,020} _{-0,033} Ra0,8 Заг.IT16 Ra40	d	69,2	3,7	4	IT16 → h12 → h10→ h8→ h6 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2→ Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	900	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	180	6,3	5	6,35
						3	Точіння напівчистове	70	3,2	2,57	1,97
						4	Точіння чистове	27	1,6	2,6	2
						5	Шліфування	11	0,8	2,46	2
						Загальне уточнення				69,4	50
№7, 9 торцева 44h14-0,62 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	1,45			IT16 → h14 → h14 Ra40→ Ra6,3→ Ra6,3	1	Заготовка	900	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	620	6,3	1,45	6,35
						3	Точіння чистове	620	6,3	1,0	1,0
						Загальне уточнення				1,45	6,35
№6 циліндрична Ø10h14-0,43 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	2,09			IT16 → h14 → h14 Ra50 → Ra6,3 → Ra6,3	1	Заготовка	900	40	-	-
	Ra	6,35	1,6	2		2	Точіння чорнове	430	6,3	2,09	6,35
						3	Точіння чистове	430	6,3	1,0	1,0
						Загальне уточнення				2,09	6,35

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

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

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

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

На 1 етапі обробки отримується заготовки методом штампування на КГШП, після чого виконується термічна обробка (нормалізація) для зняття внутрішніх напружень після штампування. Після отримання заготовки отримуються базові поверхні деталі, знімається окалина від штампування методом точіння, після чого деталь гартують у маслі та роблять відпустку.

Наступним етапом обробки є напівчистова та чистова механічні обробки, та остаточна обробка поверхонь – шліфування.

Заключним етапом виконуємо термообробку ТВЧ у індукційній установці.

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 Ø15h6-0,011 з шорсткістю Ra 0,8 мкм.

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 0,602$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С1, габаритів поверхні для штамповки підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки: $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -0,3 \end{smallmatrix} \right) = 900$ мкм.

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

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

Сумарні відхилення розташування поверхонь:

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

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

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

де $\Delta_{\text{кор}}$ – кривизна заготовок, $\Delta_{\text{кор}} = 4$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 4 \cdot 15 = 60 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$ – короблення зміщення, $\rho_{\text{см}} = 250$ мкм [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{60^2 + 250^2} = 257 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_2 = 2,5 \cdot 15 = 38 \text{ мкм.}$$

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

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

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

$$\rho_3 = 257 \cdot 0,06 = 15 \text{ мкм.}$$

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

де ε_3 — похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25 \sqrt{0,9^2 + 1} = 336 \text{ мкм.}$$

Перехід 4 – термообробка (гарт, відпустка): $\Delta_{\text{кор}} = 2,5 \text{ мкм/мм}$ [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_4 = 2,5 \cdot 15 = 38 \text{ мкм.}$$

Перехід 5 – точіння напівчистове: $R_z = 50 \text{ мкм}$; $h = 50 \text{ мкм}$

$$\rho_5 = 38 \cdot 0,05 = 2 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 336 \cdot 0,05 = 17 \text{ мкм.}$$

Перехід 6 – точіння чистове: $R_z = 25 \text{ мкм}$; $h = 25 \text{ мкм}$, $\rho_6 = 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_6 = 1 \text{ мкм}$.

Перехід 7 – шліфування: $R_z = 5 \text{ мкм}$; $h = 15 \text{ мкм}$, $\rho_7 = 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_7 = 0 \text{ мкм}$.

Розраховуємо мінімальні значення припусків за формулою:

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

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

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

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

ε_i – похибка установки заготовки на переході.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[160 + 200 + \sqrt{257^2 + 336^2} \right] = 1566 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{38^2 + 17^2} \right] = 483 \text{ мкм};$$

$$2Z_{6 \min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{2^2 + 1^2} \right] = 204 \text{ мкм};$$

$$2Z_{7 \min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 100 \text{ мкм};$$

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

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

$$d_{6 \max} = d_{7 \max} + 2Z_{7 \min} + Td_6 = 15 + 0,100 + 0,027 = 15,127 \text{ мм}$$

$$d_{5 \max} = d_{6 \max} + 2Z_{6 \min} + Td_5 = 15,127 + 0,204 + 0,07 = 15,401 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{5 \max} = 15,4 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 15,4 + 0,483 + 0,18 = 16,063 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{3 \max} = 16,06 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 16,06 + 1,566 + 0,9 = 18,526 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{заг} \max} = 18,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$d_{\text{зар min}} = d_{\text{зар max}} - Td_{\text{зар}} = 18,5 - 0,9 = 17,6 \text{ мм}$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{3 \text{ max}} - Td_3 = 16,06 - 0,18 = 15,88 \text{ мм}$$

$$d_{5 \text{ min}} = d_{5 \text{ max}} - Td_5 = 15,4 - 0,07 = 15,33 \text{ мм}$$

$$d_{6 \text{ min}} = d_{6 \text{ max}} - Td_6 = 15,127 - 0,027 = 15,1 \text{ мм}$$

$$d_{7 \text{ min}} = d_{7 \text{ max}} - Td_7 = 15 - 0,011 = 14,989 \text{ мм}$$

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

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

$$2Z_{3 \text{ max}} = d_{\text{зар max}} - d_{3 \text{ min}} = 18,5 - 15,88 = 2,62 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \text{ max}} = d_{3 \text{ max}} - d_{5 \text{ min}} = 16,06 - 15,33 = 0,73 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \text{ max}} = d_{5 \text{ max}} - d_{6 \text{ min}} = 15,4 - 15,1 = 0,3 \text{ мм}$$

$$2Z_{7 \text{ max}} = d_{6 \text{ max}} - d_{7 \text{ min}} = 15,127 - 14,989 = 0,138 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$2Z_{3 \text{ min}} = d_{\text{зар min}} - d_{3 \text{ max}} = 17,6 - 16,06 = 1,54 \text{ мм}$$

$$2Z_{5 \text{ min}} = d_{3 \text{ min}} - d_{5 \text{ max}} = 15,88 - 15,4 = 0,48 \text{ мм}$$

$$2Z_{6 \text{ min}} = d_{5 \text{ min}} - d_{6 \text{ max}} = 15,33 - 15,127 = 0,203 \text{ мм}$$

$$2Z_{7 \text{ min}} = d_{6 \text{ min}} - d_{7 \text{ max}} = 15,1 - 15 = 0,1 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

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

$$2Z_{0 \max} = d_{\text{заг} \max} - d_{7 \min} = 18,5 - 14,989 = 3,511 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = d_{\text{заг} \min} - d_{7 \max} = 17,6 - 15 = 2,6 \text{ мм}$$

$$3,511 - 2,6 = 0,9 + 0,011 = 0,911$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

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

$$d_{\text{заг} \text{ ном}} = 17,6 + 0,3 = 18,5 - 0,6 = 17,9$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 17,9^{+0,6}_{-0,3};$$

$$d_3 = \varnothing 16,06_{-0,18}; \, d_5 = \varnothing 15,4_{-0,07};$$

$$d_6 = \varnothing 15,127_{-0,027}; \, d_7 = \varnothing 15_{-0,011};$$

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 $Q = 0,602$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С1, клас чистоти поверхні деталі (4 кл.), розмірний інтервал 120-180 мм, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру $137h14_{-1,0}$: $Z_{0 \min} = 1,7$ мм. Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків:

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

де j_i — коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = 0,8 \cdot 1,7 = 1,4 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = Z_{7 \min} = 0,2 \cdot 1,7 = 0,3 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

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

$$l_{6 \max} = l_{7 \max} + Z_{7 \min} + Tl_6 = 137 + 0,3 + 1 = 138,3 \text{ мм}$$

$$l_{4 \max} = l_{6 \max} + Z_{6 \min} + Tl_4 = 138,3 + 0,3 + 1 = 139,6 \text{ мм}$$

$$l_{3 \max} = l_{4 \max} + Z_{4 \min} + Tl_3 = 139,6 + 1,4 + 1 = 142 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_{\text{заг}} = 142 + 1,4 + 1,1 = 144,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 144,5 - 1,1 = 143,4 \text{ мм}$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 142 - 1 = 141 \text{ мм}$$

$$l_{4 \min} = l_{4 \max} - Tl_4 = 139,6 - 1 = 138,6 \text{ мм}$$

$$l_{6 \min} = l_{6 \max} - Tl_6 = 138,3 - 1 = 137,3 \text{ мм}$$

$$l_{7 \min} = l_{7 \max} - Tl_7 = 137 - 1 = 136 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

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

$$Z_{3 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{3 \min} = 144,5 - 141 = 3,5 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \max} = l_{3 \max} - l_{4 \min} = 142 - 138,6 = 3,4 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \max} = l_{4 \max} - l_{6 \min} = 139,6 - 137,3 = 2,3 \text{ мм}$$

$$Z_{7 \max} = l_{6 \max} - l_{7 \min} = 138,3 - 136 = 2,3 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$Z_{3 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{3 \max} = 143,4 - 142 = 1,4 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \min} = l_{3 \min} - l_{4 \max} = 141 - 139,6 = 1,4 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = l_{4 \min} - l_{6 \max} = 138,6 - 138,3 = 0,3 \text{ мм}$$

$$Z_{7 \min} = l_{6 \min} - l_{7 \max} = 137,3 - 137 = 0,3 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

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

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{7 \min} = 144,5 - 136 = 8,5 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{7 \max} = 143,4 - 137 = 6,4 \text{ мм}$$

$$8,5 - 6,4 = 1,1 + 1 = 2,1$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

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

$$l_{\text{заг} \text{ ном}} = 143,4 + 0,4 = 144,5 - 0,7 = 143,8 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг}} = 143,8^{+0,7}_{-0,4};$$

$$l_3 = 142_{-1,0};$$

$$l_4 = 139,6_{-1,0};$$

$$l_6 = 138,3_{-1,0};$$

$$l_7 = 137_{-1,0}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 020 – Токарна

Визначаємо режими різання та основного часу аналітичним способом на операцію 020 – токарну (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті 16K20, технічні характеристики якого вказані у [10, стор. 421].

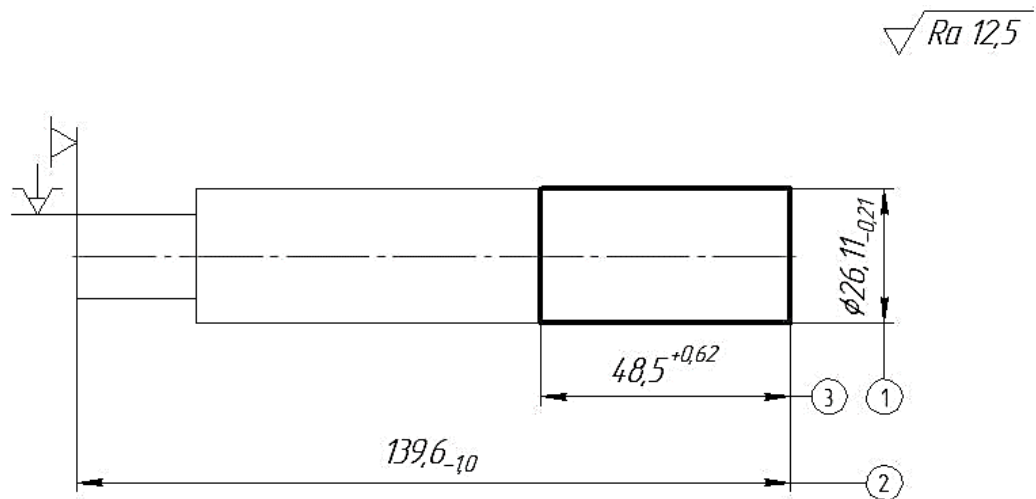


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 020 – токарної

Розраховуємо режими різання для переходу №1 – підрізати торець, витримуючи розмір 2.

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:

$$t = 142 - 139,6 = 2,4 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу - S_0 мм/об [7,стор.268, табл.11] $S_0 = 0,3$ мм/об

Коректуємо значення подачі за паспортом верстату, приймаємо менше значення $S_{0\text{вт}}$ (мм/об) [10,стор.421]. Приймаємо $S_{0\text{вт}} = 0,3$ мм/об.

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

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

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].

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,58$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,4^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,58 = 99,9 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 99,9}{3,14 \cdot 26,11} = 1218 \text{ хв}^{-1}$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{BT} (\text{хв}^{-1})$ [10,с.421],
 $n_{BT} = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 26,11 \cdot 1000}{1000} = 82,0 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z , Н, за формулою:

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

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

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

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

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

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

$$K_p = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,36$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,4^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 82,0^{-0,15} \cdot 1,36 = 2049,5 \text{ Н}$$

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

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

$$N = \frac{2049,5 \cdot 82}{1020 \cdot 60} = 2,75 \text{ кВт}$$

Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}},$$

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

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

де $N_{\text{дв}}$, η вибираємо з [10, стор. 421], $N_{\text{дв}} = 6,3 \text{ кВт}$, $\eta = 0,7$

$$N_{\text{шп}} = 6,3 \cdot 0,7 = 4,41 \text{ кВт}$$

$$2,75 \text{ кВт} < 4,41 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

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);

$$t_0 = \frac{13,055 + 2,4 + 3}{1000 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,06 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунок режимів для переходу № 2 – точити поверхні, витримуючи розміри 1, 3.

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:

$$t = \frac{\varnothing 27,4 - \varnothing 26,11}{2} = 0,645 \text{ мм}$$

Приймаємо $S_{0\text{BT}} = 0,3$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання V , м/хв за (1.25):

$$K_v = 1,0 \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,58$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,645^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,58 = 121,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів n , хв⁻¹, за формулою (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 121,6}{3,14 \cdot 26,11} = 1483 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо $n_{\text{BT}} = 1250$ хв⁻¹

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 26,11 \cdot 1250}{1000} = 102,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z , Н, за формулою (1.30):

$$K_p = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,36$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,645^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 102,5^{-0,15} \cdot 1,36 = 532,7 \text{ Н}$$

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

$$N = \frac{532,7 \cdot 102,5}{1020 \cdot 60} = 0,89 \text{ кВт}$$

$$0,89 \text{ кВт} < 4,41 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час t_0 , хв., за формулою (1.34):

$$t_0 = \frac{48,5 + 0,645 + 3}{1250 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,14 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 045 – Свердлильна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 045 – свердлильну з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК HAAS VF-2SS [11]. На переході виконується свердління отвору $\varnothing 4$.

Для верстата з ЧПК обираємо за каталогом [12] свердло SCD 040-017-060 AP3N (рис.1.8), патрон DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX (рис.1.9). Параметри свердла вказані у таблиці 1.7, патрона - у таблиці 1.8.

Визначаємо глибину різання як $t = \varnothing 4 / 2 = 2 \text{ мм}$.

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] з інтервалу 0,10...0,18 мм/об приймаємо значення подачі $S_0 = 0,1 \text{ мм/об}$.

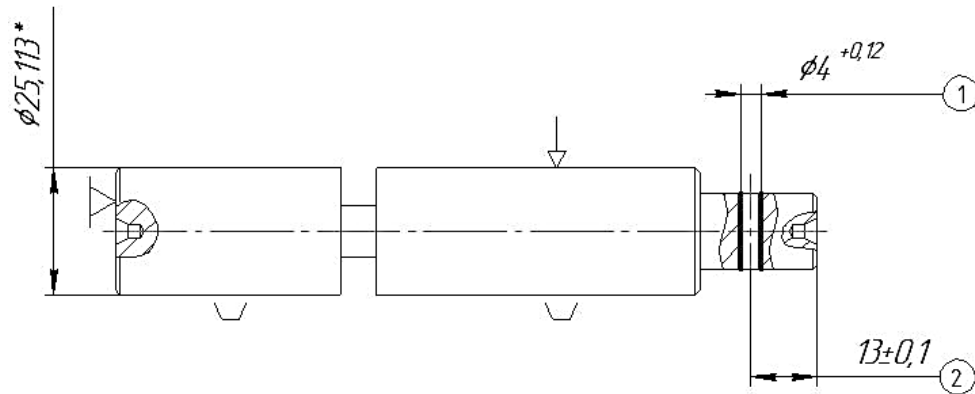
$\sqrt{Ra\ 6,3}$


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

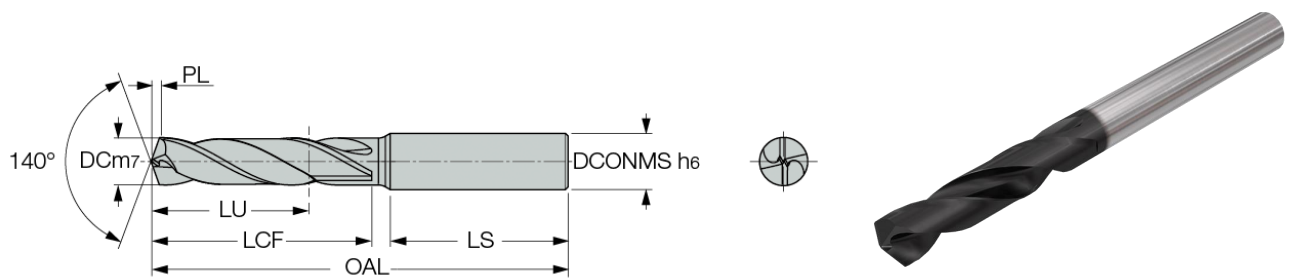


Рисунок 1.8 – Свердло SCD 040-017-060 AP3N

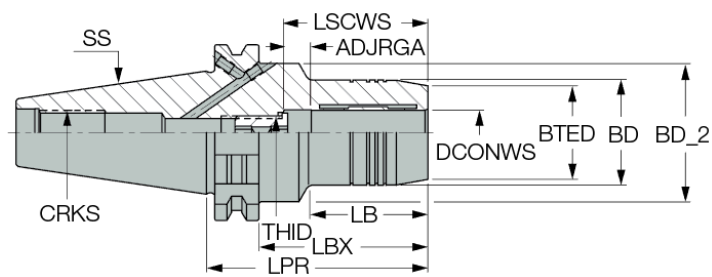


Рисунок 1.9 - Патрон DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX

Таблиця 1.7 – Параметри свердла SCD 040-017-060 AP3N

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

Таблиця 1.8 – Параметри патрона DIN69871 40 HYDRO 6X68 CX

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

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] приймаємо швидкість різання $V = 30$ м/хв.

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

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

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

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25,1 \text{ м/хв.}$$

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

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

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

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.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,1 = 597,0 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,1 = 1,21 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

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

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

$$N = \frac{1,21 \cdot 2000}{9750} = 0,25 \text{ кВт}$$

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

$$N_{\text{шп}} = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кВт} > 0,30 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

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

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.45)$$

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

$$y = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм}$$

$$L = 15 + 2 + 5 = 22 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{22}{2000 \cdot 0,1} = 0,11 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 080 – Круглошліфувальна

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 075 – круглошліфувальну (рис.1.10). Обробка виконується на круглошліфувальному верстаті 3А110 [11] методом врізання.

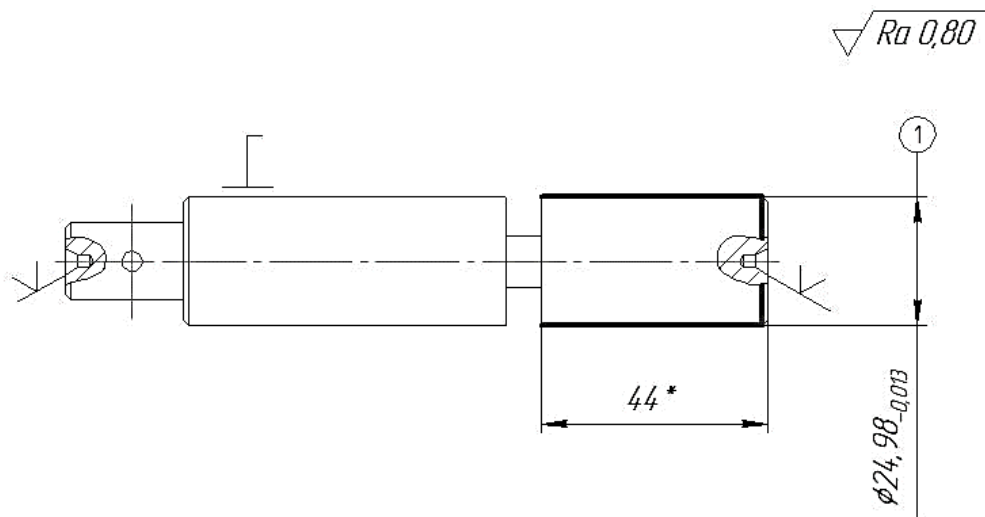


Рисунок 1.10 – Ескіз до обробки на операції 075 – круглошліфувальна

Обираємо інструмент – круг шліфувальний 1-250x20x76 24А F90 K1 СТ2 5 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83.

Визначаємо частоту обертання шліфувального круга відповідно до прийнятої колової швидкості $V_{кр} = 35$ м/с:

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{кр}}{\pi \cdot D_{кр}} \quad (1.47)$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 250} = 2675 \text{ об/хв}$$

За паспортними даними верстата приймаємо $n_k = 2450$ об/хв.

Визначаємо дійсну колову швидкість шліфувального круга відповідно до прийнятій швидкості обертання круга за формулою:

$$V_{кр.д} = \frac{\pi \cdot D_{кр} \cdot n_k}{1000 \cdot 60} \quad (1.48)$$

$$V_{кр.д} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2450}{1000 \cdot 60} = 32,1 \text{ м/с}$$

Приймаємо за [6, стр.301, табл.55] колову швидкість заготовки $V_d = 35$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання заготовки відповідно до прийнятої колової швидкості заготовки $V_d = 35$ м/хв:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_d} \quad (1.49)$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 24,98} = 446 \text{ об/хв}$$

За паспортними даними верстата приймаємо $n_d = 400$ об/хв.

Визначаємо радіальну подачу S_p . За [6, стр.301, табл.55] з діапазону $S_p = 0,001-0,005$ мм/об приймаємо $S_p = 0,002$ мм/об.

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

$$t_0 = \frac{h}{n_d \cdot S_p} \cdot 1,2 \quad (1.50)$$

$$t_0 = \frac{0,067}{400 \cdot 0,002} \cdot 1,2 = 0,10 \text{ хв.}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 020 - Токарна

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

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

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

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

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

$$t_{\text{доп}} = 0,01 + 0,1 + 0,06 = 0,17 \text{ хв}$$

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

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

$$t_{оп} = 0,20 + 0,17 = 0,37 \text{ хв}$$

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

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

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

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

$$t_{дод} = (0,06 + 0,04) \cdot 0,37 = 0,04 \text{ хв}$$

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

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

$$t_{шт} = 0,37 + 0,04 = 0,41 \text{ хв}$$

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

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

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

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

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

$$t_{\text{пз}} = 14 + 7 + 9 = 30 \text{ хв}$$

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

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

$$t_{\text{шк}} = 0,41 + \frac{30}{16} = 2,29 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 045 – Свердлильна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час $t_{\text{доп}}$, хв., за формулою (1.51), при цьому $t_y = 0,01$, [13, стор.438, к.63]; $t_{\text{упр}} = 0,07$ [13, стор.440, к.64]; $t_{\text{контр}} = 0,02$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{\text{доп}} = 0,01 + 0,07 + 0,02 = 0,11 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{\text{оп}}$, хв., визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{\text{оп}} = 0,11 + 0,11 = 0,22 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 0,22 = 0,02 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{\text{шт}}$, хв., визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{\text{шт}} = 0,22 + 0,02 = 0,24 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $t_{пз}$, хв., визначаємо за формулою (1.55), де $t_{пз1} = 17$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{пз2} = 4$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{пз3} = 7$ хв, [13, стор.422, к.56].

$$t_{пз} = 17 + 4 + 7 = 28 \text{ хв}$$

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

$$t_{шк} = 0,24 + \frac{28}{16} = 1,99 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 080 – Круглошліфувальна

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому $t_y = 0,01$, [13, стор.56, к.5]; $t_{упр} = 0,07$ [13, стор.79, к.14]; $t_{контр} = 0,02$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{доп} = 0,01 + 0,07 + 0,02 = 0,10 \text{ хв}$$

Оперативний час $t_{оп}$, хв., визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{оп} = 0,10 + 0,1 = 0,2 \text{ хв}$$

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

$$t_{дод} = (0,07 + 0,03) \cdot 0,20 = 0,02 \text{ хв}$$

Штучний час $t_{шт}$, хв., визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{\text{шт}} = 0,20 + 0,02 = 0,22 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час $t_{\text{пз}}$, хв., визначаємо за формулою (1.55), де $t_{\text{пз1}} = 13$ хв, [13, стор.96, к.21]; $t_{\text{пз2}} = 4$ хв, [13, стор.97, к.21]; $t_{\text{пз3}} = 7$ хв, [13, стор.104, к.28].

$$t_{\text{пз}} = 13 + 4 + 7 = 24 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{шк}} = 0,22 + \frac{24}{16} = 1,72 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Обладнання	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{оп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{ш.к}}$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	Токарна	16K20	0,19	0,17	0,36	0,036	0,40	30	2,27
020	Токарна	16K20	0,2	0,17	0,37	0,037	0,41	30	2,28
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10Y	0,33	0,25	0,58	0,058	0,64	28	2,39
035	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10Y	0,28	0,2	0,48	0,048	0,53	28	2,28
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10Y	0,15	0,1	0,25	0,025	0,28	28	2,03
045	Свердли- льна з ЧПК	HAAS VF-2SS	0,11	0,11	0,22	0,022	0,24	28	1,99

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
055	Комплексна з ЧПК	Kitamura Mycenter - 2XD	0,54	0,22	0,76	0,076	0,84	32	2,84
060	Комплексна з ЧПК	Kitamura Mycenter - 2XD	0,48	0,29	0,77	0,077	0,85	32	2,85
075	Круглошлі-фувальна	3A110	0,41	0,11	0,52	0,052	0,57	24	2,07
080	Круглошлі-фувальна	3A110	0,1	0,1	0,2	0,02	0,22	24	1,72

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Розробимо керуючу програму для операції 045 - свердлильної з ЧПК. Розробку виконуємо у програмі NX.

Підготовлюємо 3д модель деталі, яка буде утворюватись після свердління отворів, після чого встановлюємо координати нуля деталі (рис.1.11).

У пункті мені «Створити інструмент»  Создание инструмента обираємо відповідний ріжучий інструмент – свердло Ø4, задаємо його матеріал. (рис.1.12).

У пункті мені «Створення операції»  Создание операции обираємо поверхню, яка буде оброблятись, задаємо розраховані режими різання, підвід та увід свердла, (рис.1.13).

Після всіх налаштувань, генеруємо КП для операції у постпроцесорі. Результат генерації та керуюча програма показана у Додатку Б.

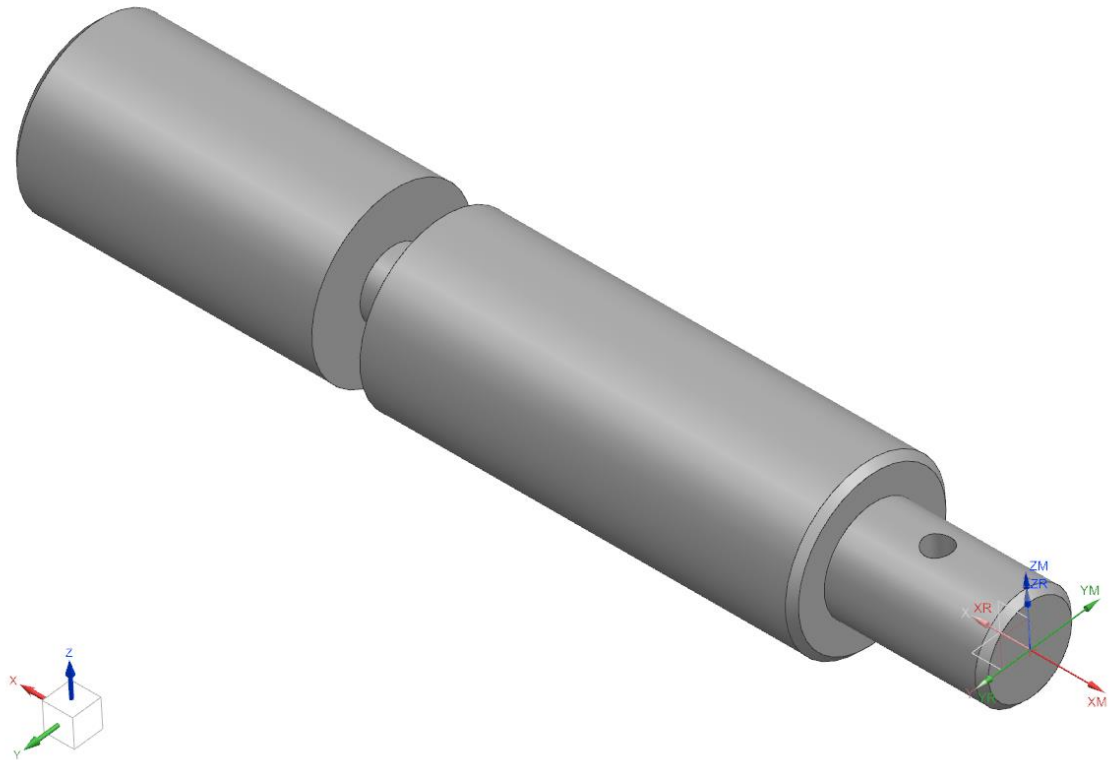


Рисунок 1.11 – Налаштування нуля деталі

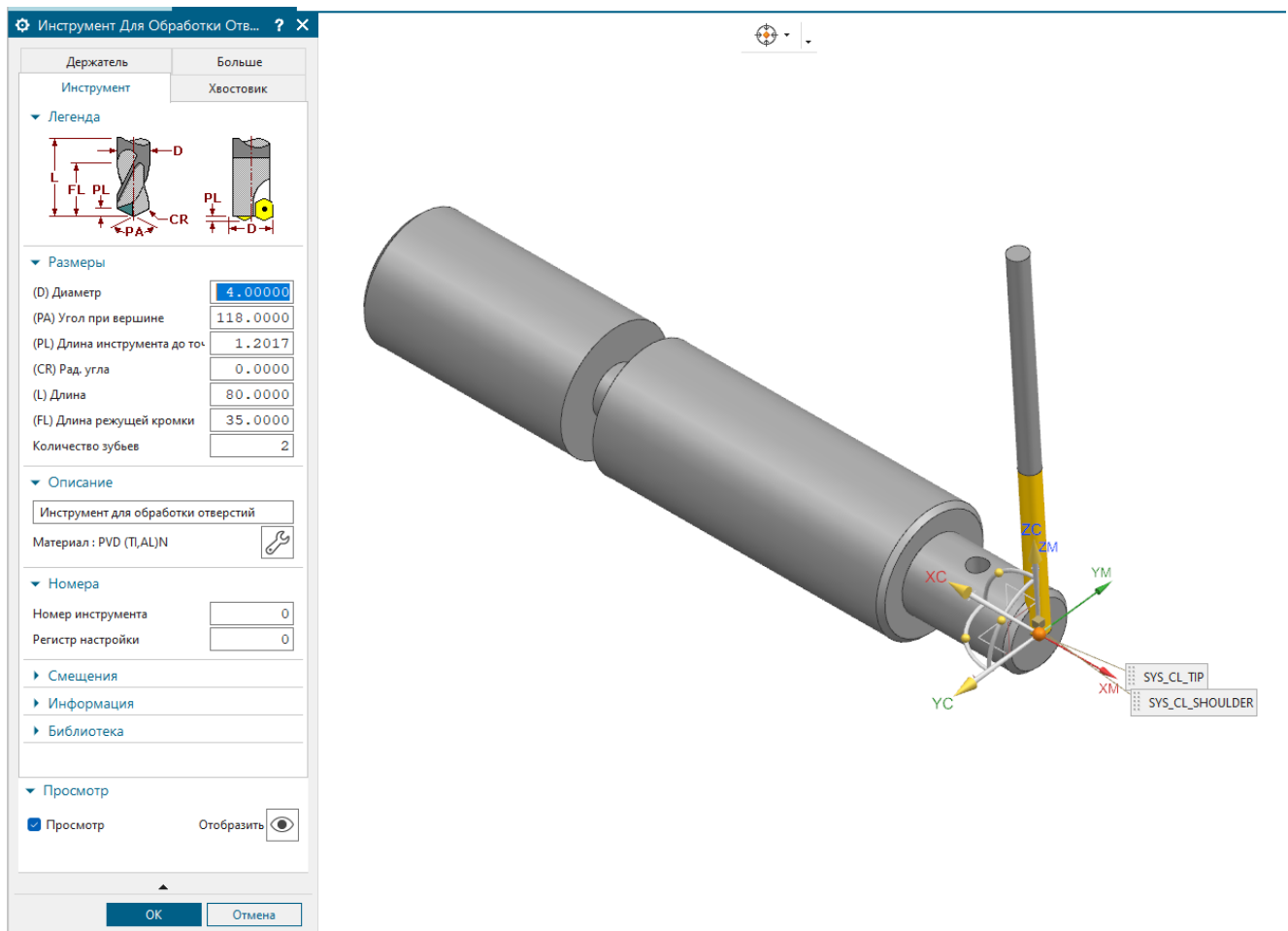


Рисунок 1.12 – Налаштування ріжучого інструменту

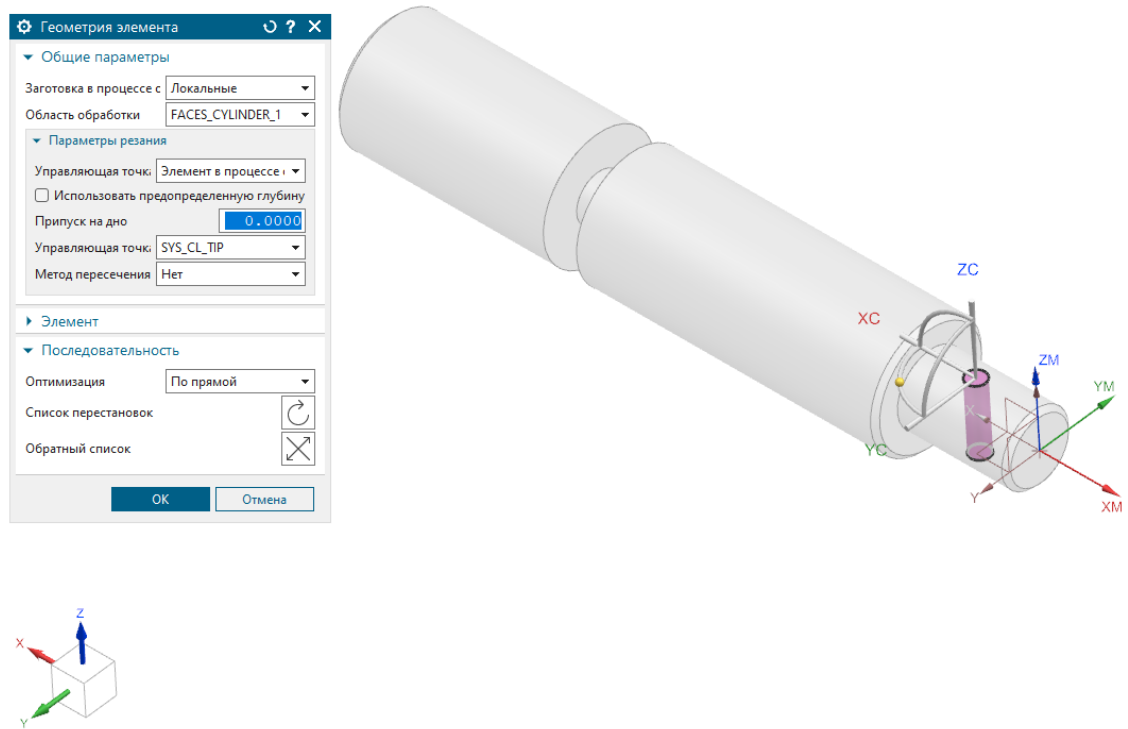


Рисунок 1.13 – Налаштування геометрії обробки

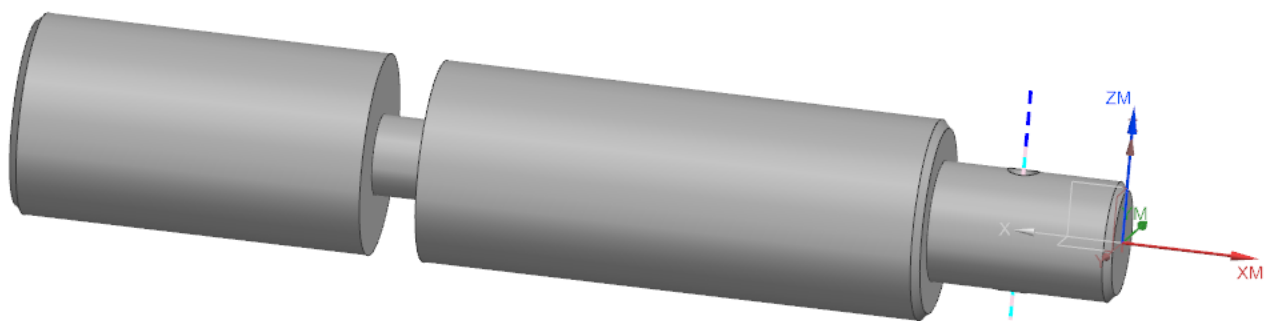


Рисунок 1.14 – Створення траєкторії руху інструмента

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

Для свердління отвору $\varnothing 4$ на операції 045 – свердлильна з ЧПК використовується механізоване пневматичне пристосування (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата HAAS VF-2SS.

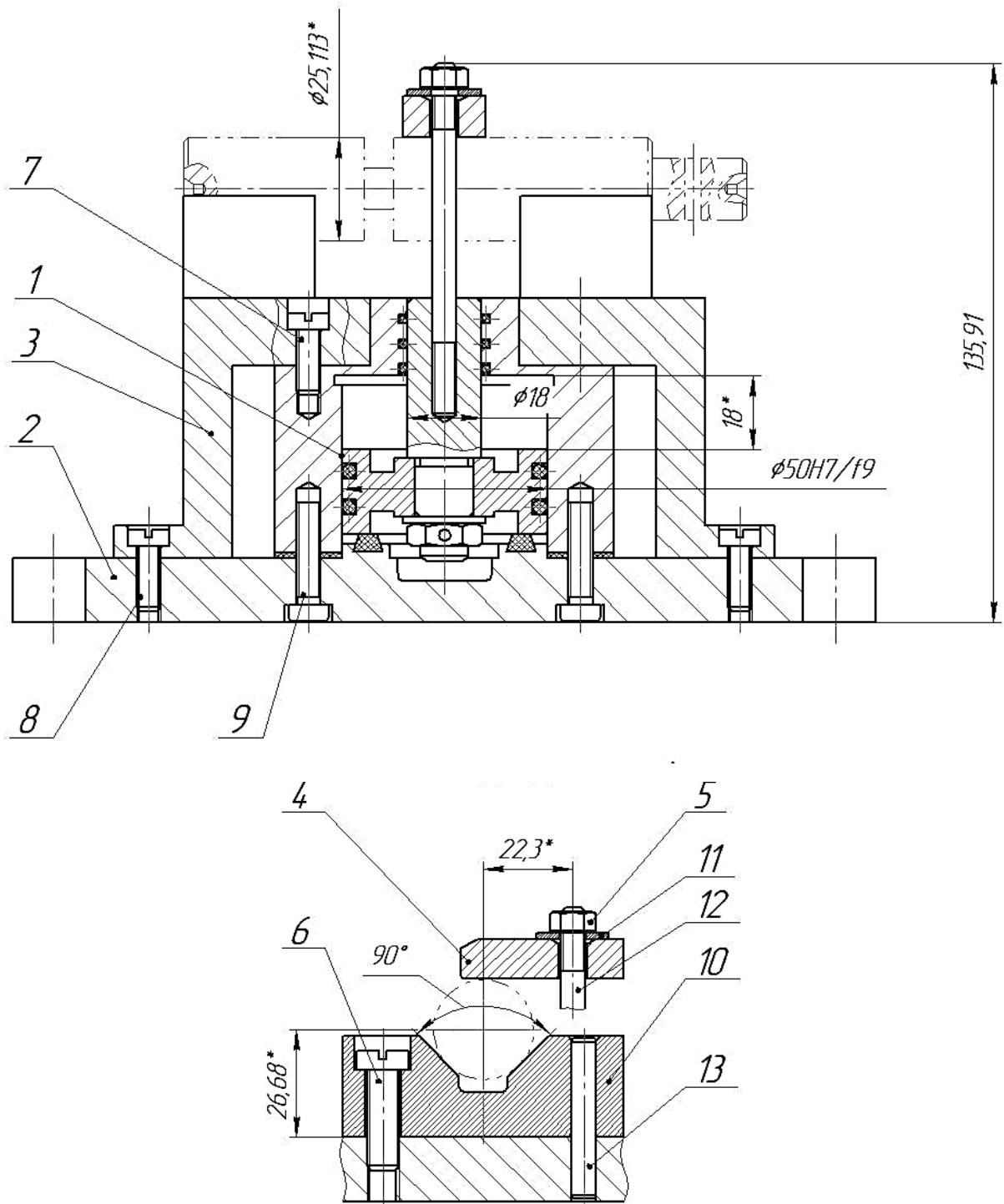


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для свердління

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

До складу пристосування входить пневмоциліндр 1, який монтується на плиту 2 та закріплюється гвинтами 9. До корпусу пневмоциліндра кріпиться корпус 3, на який встановлюються призми 10, які призначені для встановлення та центрування верстата. Закріплення деталі відбувається за допомогою прихвата 5.

Пристосування встановлюється на столі верстата та закріплюється пристосування гвинтами М16 за Т-образні пази стола верстата.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що стисле повітря стравлюється у верхню частину пневмоциліндра 1, в результаті чого поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вгвинчена шпилька 12, до якої на іншому кінці закріплюється прихват 5. Зусилля на штоці діє на прихват що допомагає закріпити деталь.

Після обробки стислого повітря стравлюють у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вгору, внаслідок чого сила затиску послаблюється та деталь можна зняти з пристосування.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Золотник» встановлюється на жорсткий циліндричний палець з вертикальною віссю і площину.

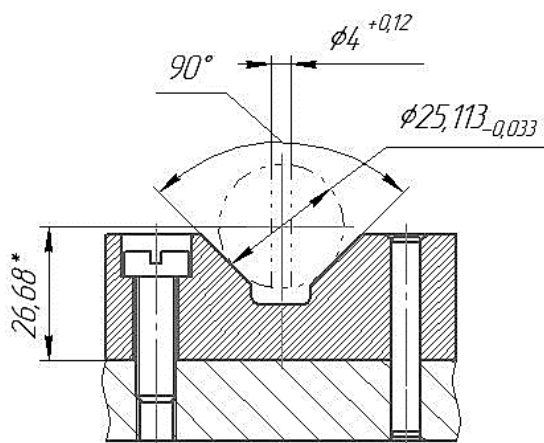


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі

Визначаємо похибку встановлення на розмір $\varnothing 4^{+0,12}$. Похибка встановлення визначається за формулою:

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

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

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

Визначаємо похибку базування визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{бн}} = k_1 \cdot T_d \quad (2.2)$$

де k_1 — коефіцієнт, який знаходимо за табл. 4.1 [1, стор. 34]; $k_1 = 0,21$.

$$T_d = 0,033 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{\text{бн}} = 0,21 \cdot 0,033 = 0,007 \text{ мм}$$

Напрямок сили закріплення збігається з розміром обробки, то похибку закріплення необхідно врахувати.

Визначаємо похибку закріплення $\varepsilon_{\text{з}}$ за [1, стор. 50]: $\varepsilon_{\text{з}} = 0,07 \text{ мм}$.

Тоді за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,007^2 + 0,07^2} = 0,07 \text{ мм}$$

Похибка встановлення має бути менше допуску на одержуваний розмір (0,12 мм), таким чином, базування у призмах забезпечує необхідні розміри обробки.

Виконаємо розрахунок на точність пристосування. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.92]. Номінальний розмір координати розташування вісі отвору складає $L_k = 13 \text{ мм}$. Обробка виконується без кондукторних втулок.

Розраховуємо допуск для розміру L_k за формулою:

$$T_k = T_d - k \cdot \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2} \quad (2.2)$$

де T_d – допуск на розмір обробки, $T_d = 0,2$ мм;

$k = 1 \dots 1,2$ – коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить кількості складових похибок, $k = 1$.

Δ_1 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі свердла щодо осі отвору змінної втулки, $\Delta_1 = 0$ мм;

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо осі постійної втулки, $\Delta_2 = 0$ мм;

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок, $\Delta_3 = 2e = 0$ мм;

Δ_4 – частка похибки обробки, яка залежить від величини допуску зносу змінної втулки по напрямному діаметру, [14, табл.5.19], $\Delta_4 = 0$ мм.

$$T_k = 0,2 - 1 \cdot \sqrt{0,007^2 + 0,07^2} = 0,13 \text{ мм}$$

$$T_k \leq \pm 0,065 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_k = \pm 0,05$.

Призначаємо виконавчий розмір установка при свердлінні отвора:

$$\boxed{L_k} = 13 \pm 0,05$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту, які складають $P_0 = 597$ Н, крутний момент $M_{кр} = 1,21$ Нм.

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

$$W = \frac{k \cdot M_{\text{кр}} \cdot \sin \alpha / 2}{f \cdot l}, \quad (2.3)$$

де k – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.4)$$

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

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

k_2 - коефіцієнт, що залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту [14, стр.101], $k_2 = 1,0$;

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

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], $k_6 = 1,0$;

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

$$W = \frac{1,5 \cdot 1,21 \cdot 10^3 \cdot \sin 45^\circ}{0,16 \cdot 22,3} = 359,7 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля на штоці за формулою:

$$Q = W \cdot \frac{l}{l_1} \quad (2.5)$$

$$Q = 359,7 \cdot \frac{22,3}{12,7} = 631,6 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля затиску за формулою:

$$Q = \rho \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (2.6)$$

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

D – діаметр циліндра, мм;

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

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}}, \quad (2.7)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 631,6}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,8}} = 40,94 \text{ мм}$$

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

$$Q = 0,4 \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 0,8 = 628 \text{ Н}$$

Необхідна сила затиску складає 631,6 Н, а дійсна сила затиску 628 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

Для перевірки овальності та циліндричності зовнішньої поверхні $\varnothing 25_{-0,033}^{-0,020}$ проектується контрольне пристосування, ескіз якого зображено на рисунку 2.4.

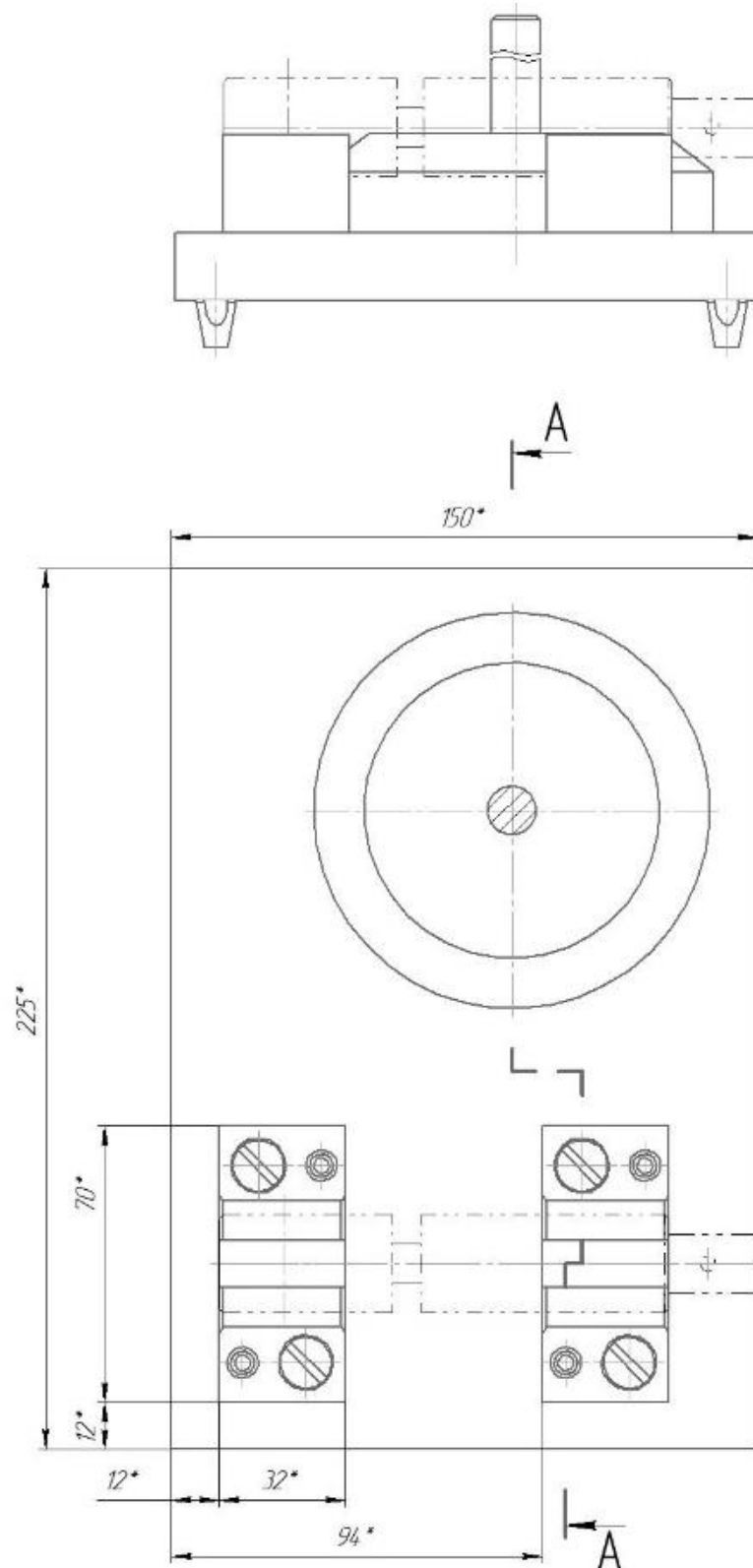
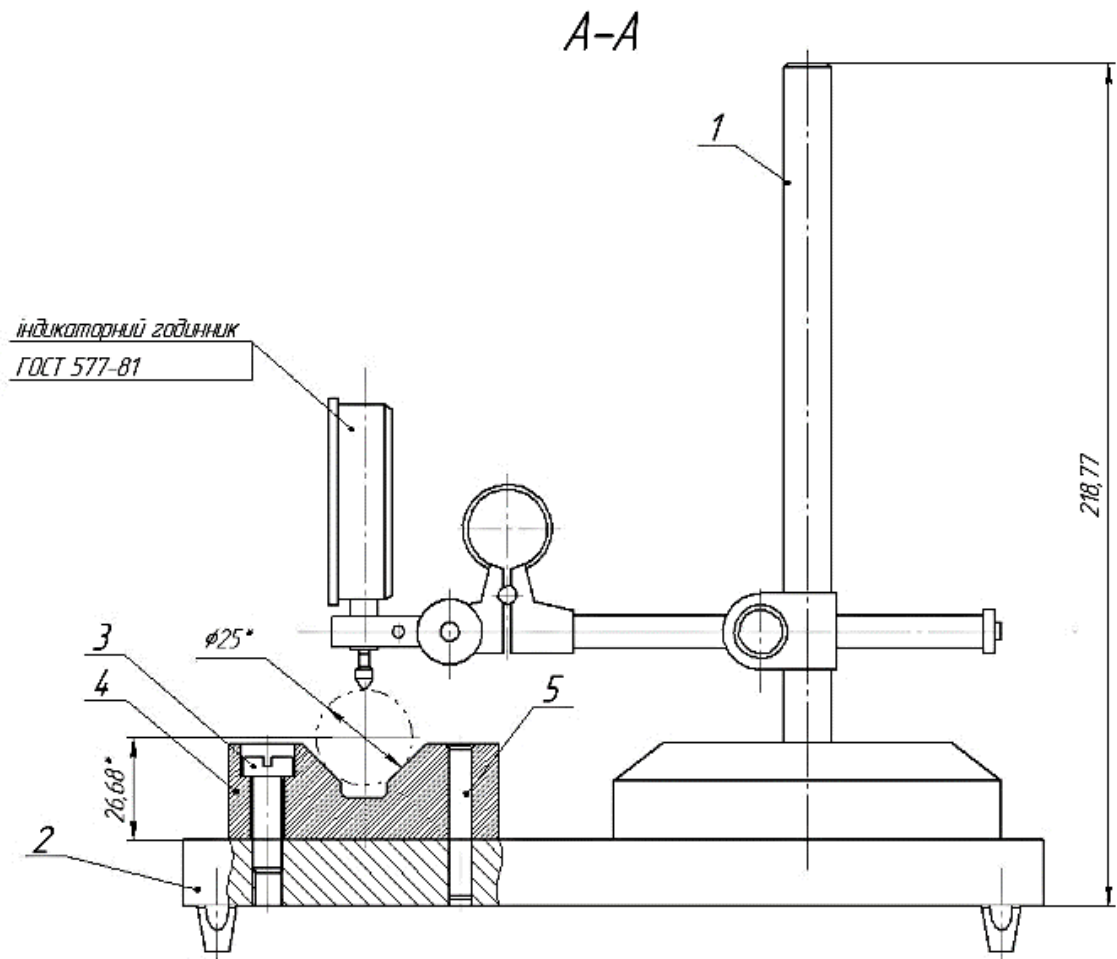


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування



Продовження рисунку 2.4, аркуш 2

Пристрій складається зі стійки 1 з індикаторним годинником, яка встановлюється на плиту 2, та призми 4, у якій встановлюється контролюєма деталь.

Деталь встановлюється у призми 4 поверхнями $\varnothing 25_{-0,033}^{-0,020}$, після чого до контролюємої поверхні підводиться стійка з індикаторним годинником та лімб виставляється на нуль. Далі деталь прокручують у призмах 4 та фіксують значення овальності та конусності поверхні. Стійка 1 є рухома по плиті, що дозволяє проводити контроль у поздовжньому напрямку.

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для прихвата 4, яка використовується у пристосуванні свердлінні, та на який діє зусилля на штоці 628 Н.

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

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

де $[\sigma]$ – допустимі значення згідно механічним властивостям матеріалу [16, стр.200, табл..9.1], $[\sigma] = 30$ МПа

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

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

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

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

Виконуємо перевірочний розрахунок у програмі ANSYS Workbench. Завантажуємо в програму 3д модель прихвата, розбиваємо його на сітку з розміром зерна 0,5 мм, прикладаємо навантаження – вказуємо місце контакту прихвата с деталлю та фаску, по якій тисне гайка. Виконуємо розрахунок.

Розрахунок показав, що значення найбільшої напруги складає 11,63 МПа.

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 11,63 = 17,45 \text{ МПа}$$

$$17,45 \text{ МПа} \leq 30 \text{ МПа}$$

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

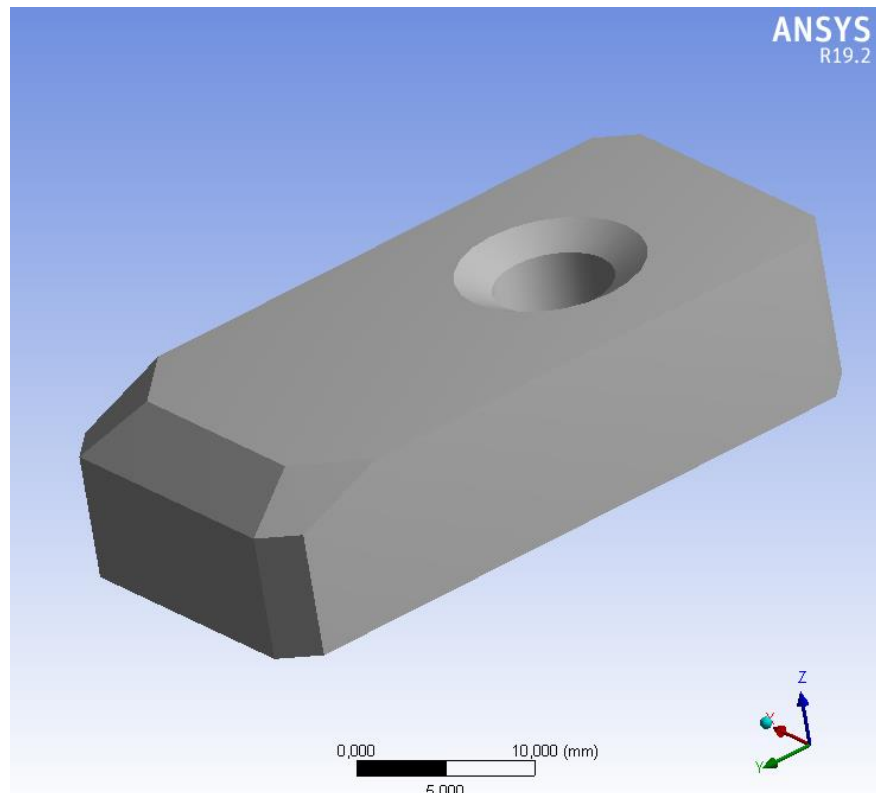


Рисунок 2.5 – Імпортвана деталь у ANSYS Workbench

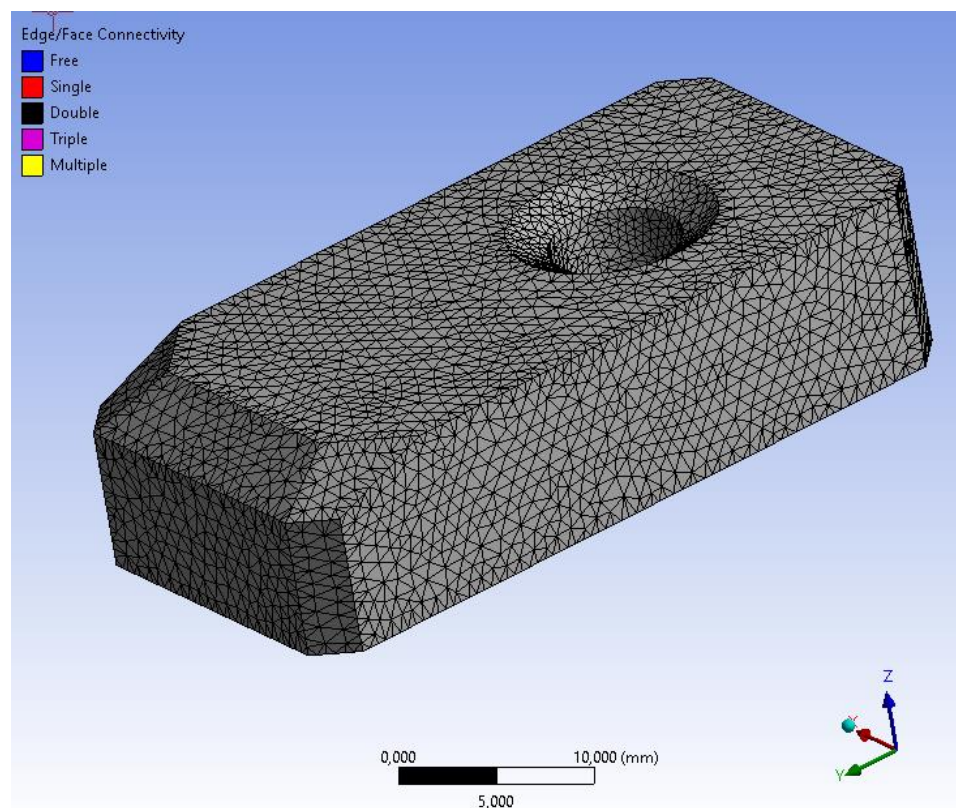


Рисунок 2.6 – Результат розбивки деталі на сітку

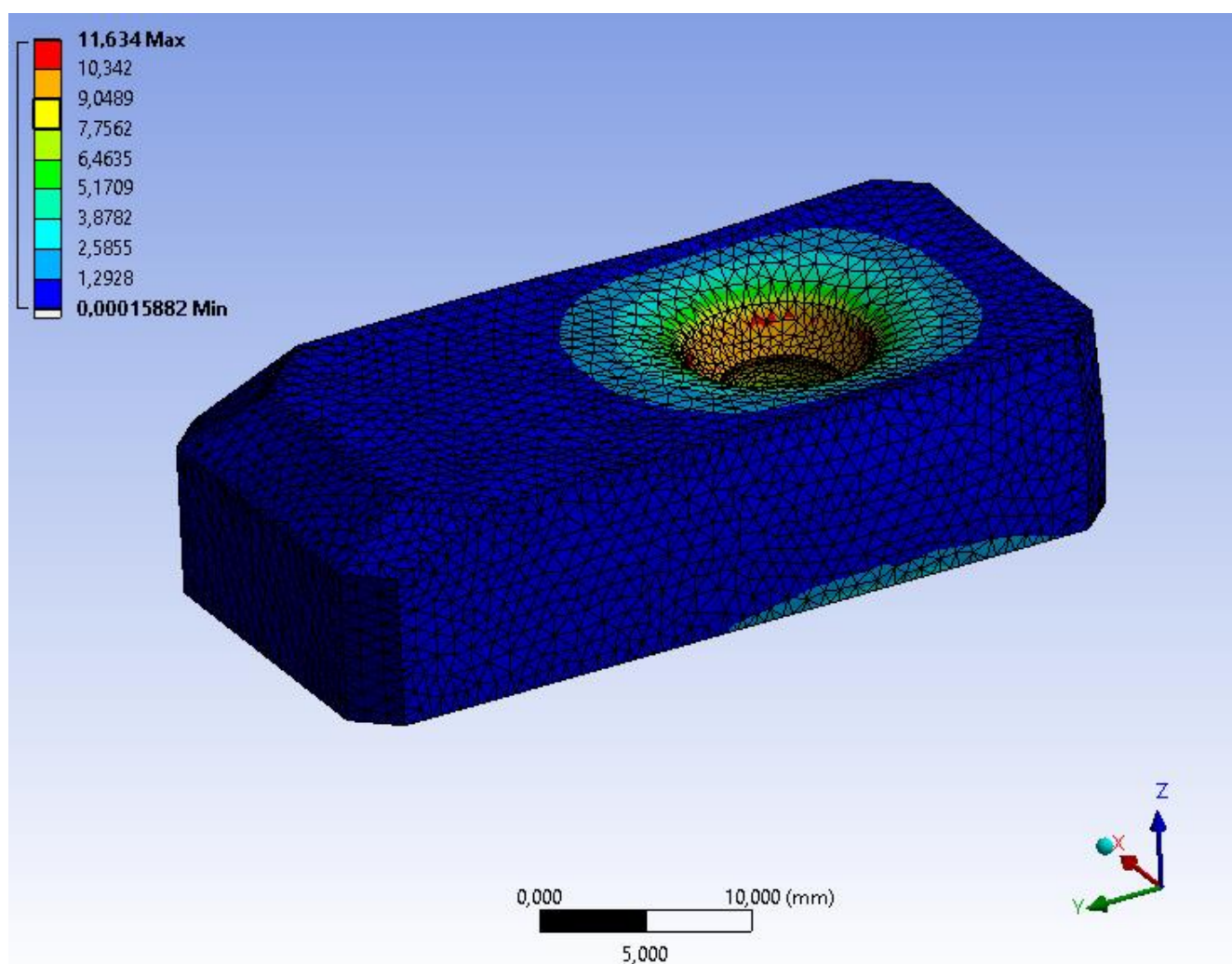


Рисунок 2.7 – Результат розрахунку на міцність деталі «прихват»

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 2000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне. На дільниці окрім деталі «Золотник» виробляються інші подібні деталі.

Визначаємо розрахункову кількість верстатів 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.

$$S_{P015} = \frac{329295}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 1,37,$$

приймаємо $S_{n015} = 2$ верстата

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження верстата за формулою:

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

де S_{Pi} –розрахункова кількість верстатів;

S_{ni} –прийнята кількість верстатів;

$$k_{3015} = \frac{1,37}{2} = 0,68$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження ділянки за формулою:

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

$$\overline{k_3} = \frac{14,18}{18} = 0,79$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження обладнання

№ оп.	Найменування операції	Модель обладнання	$\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i$	S_p , шт..	S_n , шт..	k_3
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарна	16K20	329295	1,37	2	0,68
020	Токарна	16K20	330890	1,38	2	0,69
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10Y	202980	0,84	1	0,84
035	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10Y	603670	2,51	3	0,84
040	Токарна з ЧПК	HAAS ST-10Y	172125	0,72	1	0,72
045	Свердлильна з ЧПК	HAAS VF-2SS	169320	0,70	1	0,70
055	Комплексна з ЧПК	Kitamura Mycenter - 2XD	638100	2,65	3	0,88
060	Комплексна з ЧПК	Kitamura Mycenter - 2XD	640575	2,66	3	0,89
075	Круглошлі- фувальна	3A110	176120	0,73	1	0,73
080	Круглошлі- фувальна	3A110	146200	0,61	1	0,61
	Всього:	-		14,18	18	$\overline{k_3} = 0,79$

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

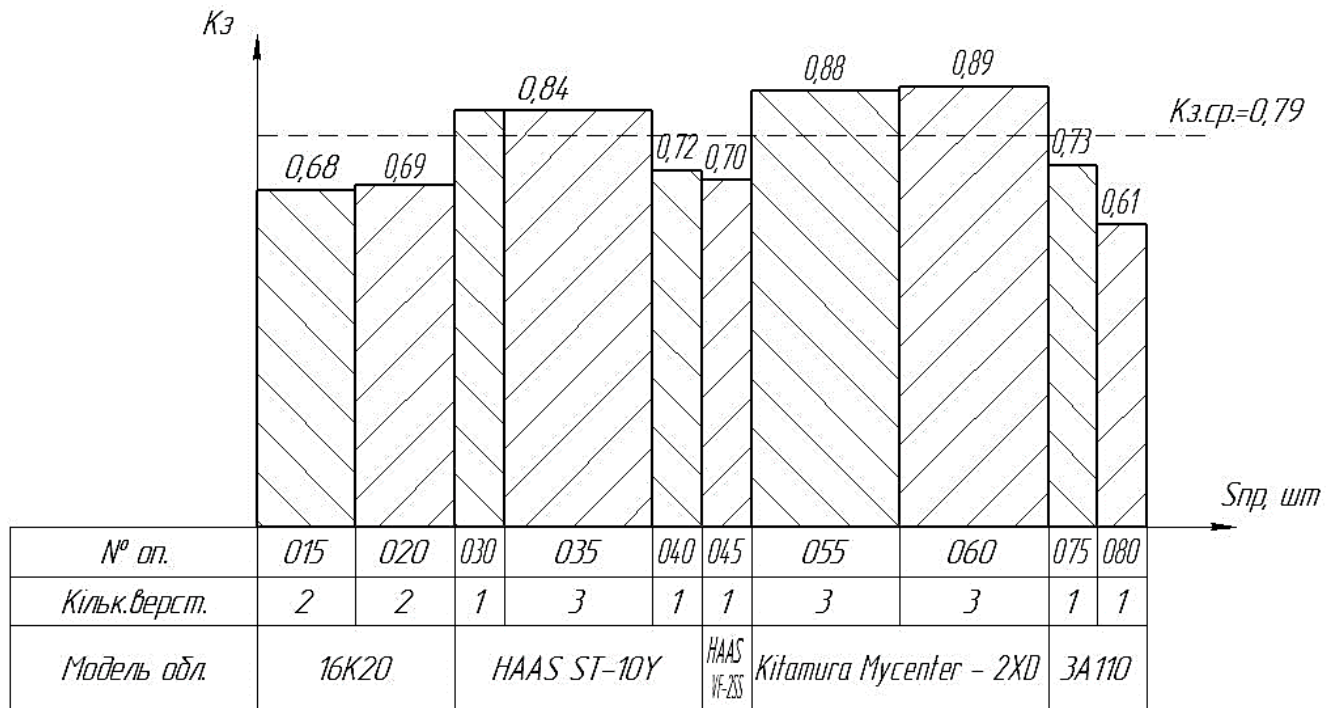


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

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 багатостанкового обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.030: $0,33 \geq 0,25 + 0,2 = 0,45$ – умова не виконується;

Оп.035: $0,28 \leq 0,2 + 0,2 = 0,4$ – умова не виконується;

Оп.040: $0,15 \geq 0,1 + 0,2 = 0,3$ – умова не виконується;

Оп.045: $0,11 \geq 0,11 + 0,2 = 0,31$ – умова не виконується;

Оп.055: $0,54 \geq 0,22 + 0,2 = 0,42$ – умова виконується;

Оп.060: $0,48 \geq 0,29 + 0,2 = 0,49$ – умова не виконується;

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

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

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

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

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

Число операторів в зоні багатостанкового 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 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;

$$m_{s\ 055} = \frac{0,76}{0,22 + 0,2} = 1,8 = 2 \text{ верстата}$$

$$R_{055} = 3/2 = 1 \text{ оператор}$$

Оператори з ЧПК (оп.030, 035, 040, 045, 060):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{1788670}{2004 \cdot 60} = 15 \text{ чол.}$$

Токарі (оп.015, 020):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{660185}{2004 \cdot 60} = 6 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.075, 080):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{322320}{2004 \cdot 60} = 7 \text{ чол.}$$

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

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТРОЇВ

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

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

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

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

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

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

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

Собівартість використання C_b при використанні старого пристрою розраховують за формулою:

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

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

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

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

Π – річна програма випуску деталей, шт, $\Pi = 4500$ шт. (визначено у п.1.2);

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

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

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

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

де S – витрати на виготовлення пристосування, грн.

N – кількість деталей в пристосуванні, шт;

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

$$S_a = 150 \cdot 3 = 450 \text{ грн}$$

$$S_b = 75 \cdot 3 = 225 \text{ грн}$$

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

$$q_b = 0,2 \cdot 225 = 45 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

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

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

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

$$З_a = 1,99 \cdot 0,96 = 1,91 \text{ грн}$$

$$З_b = 2,49 \cdot 1,085 = 2,70 \text{ грн.}$$

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

$$C_a = 1,91 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{450}{2000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{90}{100}\right) = 6,01 \text{ грн}$$

$$C_b = 2,7 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{225}{2000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{45}{100}\right) = 8,26 \text{ грн}$$

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

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

$$П_{\kappa} = \frac{(450 - 225) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{90}{100}\right)}{(2,7 - 1,91) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 181 \text{ шт.}$$

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

Деталь «Золотник» виготовляється на різному устаткуванні відповідно до технологічного процесу. Безпека технологічного обладнання задовільняється правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів і робочих процесів, що відповідає ДСТУ EN ISO 23125-2018 «Верстати. Безпечність. Верстати токарні», ДСТУ EN ISO14159-2018 «Безпечність машин. Гігієнічні вимоги до конструкції машин», ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні», [18].

До того ж, безпека забезпечується використанням в конструкціях спеціальних захисних засобів [20]. Основні вимоги до засобів:

а) з урахуванням конструкції: виробниче обладнання, механічне пошкодження якого може спричинити виникнення небезпеки, захищені огорожами, щоб запобігти їх випадкове пошкодження працюють або засобами технічного обслуговування. Конструкція засобів захисту забезпечує можливість контролю виконання ними свого призначення до початку і в процесі функціонування виробничого обладнання.

б) інструмент, необхідної твердості і точності. Фізичні та механічні властивості інструментів забезпечують безпечну обробку деталі. При користуванні механічними напилками і абразивними головками слід оберігати очі захисними окулярами від можливого попадання в них абразивного пилу або стружки, також необхідно носити головний убір, що звисають волосся заважають огляду і можуть замотатися на деталі, що обертаються.

в) надійність, міцність.

г) зручність обслуговування машин і механізмів в цілому, в тому числі і засобів захисту.

За ступенем електробезпеки [18], згідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», проєктований ділянка відноситься до категорії підвищеної небезпеки, тобто з

ізолюваним, сухим залізобетонним підлогою, з відотною вологістю не більше 60%, металевий пил в повітрі і з температурою менше 30°C, [18].

Відповідно до правил електроустановок (ПУЕ) для попередження впливу електричного струму і напруги на людину все електрообладнання та інструменти заземлені. Все електрообладнання передбачено перевіряти раз в 6 міс., при цьому виконується зовнішній огляд, перевіряють роботу на холостому ходу не менше 5 хв, вимірюють опір ізоляції, перевіряють справність кола заземлення. Електробезпека установок, згідно з вимогами ПУЕ, забезпечується надійною ізоляцією струмопровідних частин обладнання, застосування низьких напруг (до 42 В) для переносного освітлення і харчування електроінструментів. Все стаціонарне обладнання промивних приміщень заземлено, щоб уникнути накопичення на ньому зарядів статичної електрики, розряд якого може дати іскру і становити небезпеку для працюючого, і можливість пожежі та вибуху, [18].

Внутрішнє планування дільниці розроблено відповідно до СНіП 2.09.02-85 «Виробничі будівлі промислових підприємств», [19].

При плануванням робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготівками та готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації та інструменту, [19].

При розробці планування виробничої дільниці передбачається організація проходів, забезпечуючи вільний доступ до всіх робочих місць і які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації, [19].

Площа і об'єм припадає на одного робітника виробничої дільниці забезпечує виконання вимог мінімального обсягу 1,5 м³ на одного робітника і мінімальні норми виробничої площі 4,5 м² на одного робітника і відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачені місця для утилізації і захоронення промислових відходів, [19].

У цеху з метою зниження кількості важкої ручної праці встановлено кран-балки, які призначені для транспортування пристосувань і переміщення тари з заготовками від верстата до верстата. Використовується кран-балка з дистанційним

управлінням, що дозволяє постійно контролювати переміщення вантажу на безпечній відстані, [19].

Перед роботою з вантажопідйомними механізмами перевіряється дата випробування вантажопідйомника (термін придатності - 1 рік). При підйомі вантажу необхідно стежити за тим, щоб вантаж, що піднімається, був надійно закріплен тросом або правильно захоплений пристосуванням, так щоб гак вантажопідйомника знаходився приблизно на вертикалі, що проходить через центр ваги вантажу, що піднімається. Це попереджає зісковзування вантажу, що піднімається. Категорично забороняється перебувати під вантажом, що підіймається або опускається, так як при раптової несправності вантажопідйомного механізму вантаж може стрімко опуститися і придавити знаходиться під ним людини. Відповідно до Держстандарту 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Кольори сигнальні і знаки безпеки» виконані написи про вантажопідйомність крана і його роботу, [19].

При перевезенні поклажу на ручних візках або електрокарах не навантажувати їх вище вказаної межі та укладати предмети стійко. Якщо буде необхідно, прив'язати їх до візка. Важкий предмет, що впав з візка під час перевезення може потрапити на ноги знаходиться поруч робочого і завдати йому травми, [19].

Попереджувальні сигнали, написи і таблички встановлені для вказівки на: включений стан виробу, наявність напруги, пробій ізоляції, режим роботи виробу, заборона доступу всередину виробу без прийняття відповідних заходів, підвищення температури окремих частин виробу вище допустимих значень, дія апаратів захисту і т.п., [19].

Знаки, що використовуються при виконанні попереджувальних табличок і сигналізації, виконані по ГОСТ 12.4.026-76, та розміщуються на виробках в місцях, зручних для огляду, [19].

ВИСНОВКИ

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

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 свердління отворів було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю овальності спроєктовано контрольне пристосування.

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

На технологічний процес виготовлення деталі «золотник» 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. О. П. Гуляєв, В. Д. Кальнер, І. С. Козловський. Термічна обробка в машинобудуванні: Довідник / За ред. Ю.М. Лахтіна, О. Г. Рахштадта. – Машинобудування, 1980. 783 с.,;
4. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування та машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренівський та ін. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 245 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 8.090101 Прикладне матеріалознавство; 8.090202 Технологія машинобудування; 8.090203 Металорізальні станки та системи; 7.090260 Технологія будівництва авіаційних двигунів, денної форми навчання / Укл. В.М. Пліскач, І.В. Акімов - Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 1. / [під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 694 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника: у 2 т. Т. 2. / [під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 652 с.
8. Косілова А.Г. Точність обробки, заготівлі та припуски в машинобудуванні / О.Г. Косілова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калінін. - М.: Машинобудування, 1976. - 352 с.
9. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних зайняття 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. Ципак (перевидання 2-ге). Під ред., Гончар Н.В. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 - 62 с.

10. Нефьодов Н.А. Збірник завдань та прикладів з різання металів та різального інструменту: навч. Посібник [для технікумів на предмет «Основи вчення про різання металів та ріжучий інструмент»] / Н. А. Нефьодов, К. А. Осипов. - 5-те вид., Перероб. І дод. - М.: Машинобудування, 1990. - 448с.

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

12. Електронний ресурс: www.iscar.com

13. Довідник нормувальника-машинобудівника. Том II. Технічне нормування верстатних робіт. За редакцією Е.І.Стружестраха. - Москва, 1961. - 890с.

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

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

16. Корсаков В.С. Основи проектування пристроїв/В.С. Корсаків. - М.: Машинобудування, 1983. - 248 с.

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

18. Охорона праці в машинобудуванні: Підручник для машинобудівних вузів / О.Я. Юдін, С.В. Белов, С.К. Баланців та ін; За ред. Є.Я. Юдіна, С.В. Бєлова - 2-ге вид., Перераб. та дод. – К.: Машинобудування, 1983, 432 с.

19. Гігієна праці: Підручник/О.М. Шевченка, О.П. Яворовський, Г.О. Гончарук та ін.: За ред. проф. А.М. Шевченка. А.М. – К., Інфотекс, 2000. – 608 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документація			
					НУЗП 29124.1.014 СБ	Складальне креслення			
						Складальні одиниці			
			1			Пневмоциліндр 1011-50x18			
						ГОСТ 15608-81	1		
						Деталі			
				2		Плита	1		
				3		Корпус	1		
				4		Прихват	1		
						Стандартні вироби			
				5		Гайка М6			
						ГОСТ 4032-2015	1		
				6		Гвинт М8х25			
						ГОСТ 1491-80	4		
				7		Гвинт М6х16			
Взам. инв. №						ГОСТ 1491-80	5		
				8		Гвинт М6х25			
						ГОСТ 1491-80	6		
				9		Гвинт М6х25			
						ГОСТ 7048-2015	6		
Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		
		Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата	НУЗП 29124.1.014.00	
		Разраб.	Слободчиков К.Р.						
		Пров.	Степанов Д.М.						
		Н.контр.	Дядя С.І.						
		Утв.	Дядя С.І.				Пристосування для свердління специфікація		
						Лит.		Лист	Листов
								1	2
								НУЗП гр.М-112	

[illegible]

ДОДАТОК Б
Керуюча програма

```
TOOL PATH/DRILLING,TOOL,STD_DRILL
TLDATA/DRILL,MILL,4.0000,0.0000,80.0000,118.0000,35.0000
MSYS/0.0000,0.0000,0.0000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
PAINT/COLOR,186
RAPID
GOTO/-13.0000,0.0000,17.5000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
CYCLE/DRILL,CLEAR,3.0000,FEDTO,-18.7017,RTRCTO,AUTO,MMPM,250.0000
PAINT/COLOR,31
GOTO/-13.0000,0.0000,7.5000
CYCLE/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
```

ДОДАТОК В
Технологічні карти

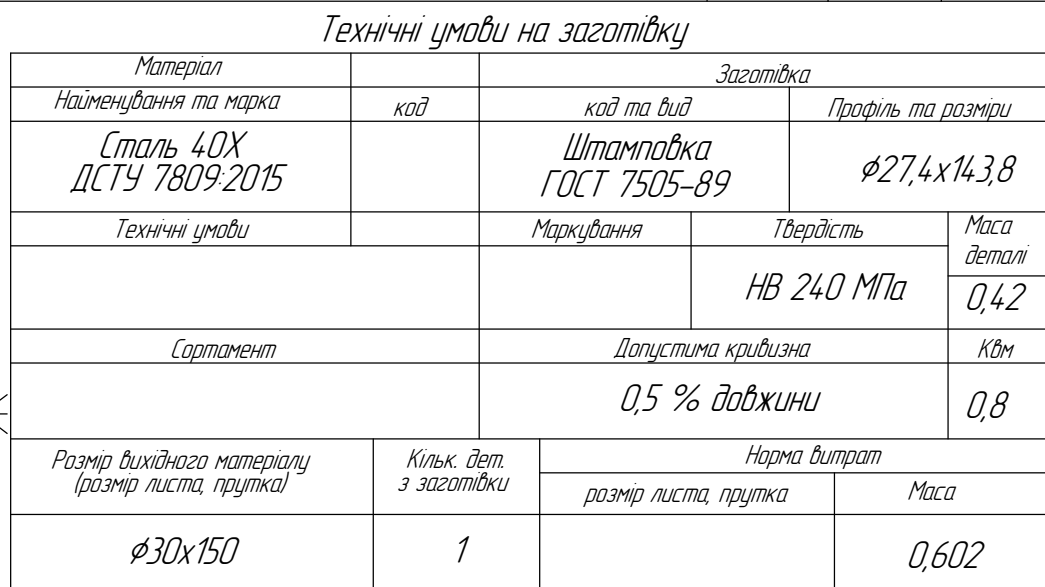
[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

							НУЗП 0214.1.014	1	1	
Розроб.	Слободчуков К.Р.			НУЗП	НУЗП 71524.1.014					
Перевірив	Степанов Д.М.									
				Золотник						005
Н.контр.	Дядя С.І.									

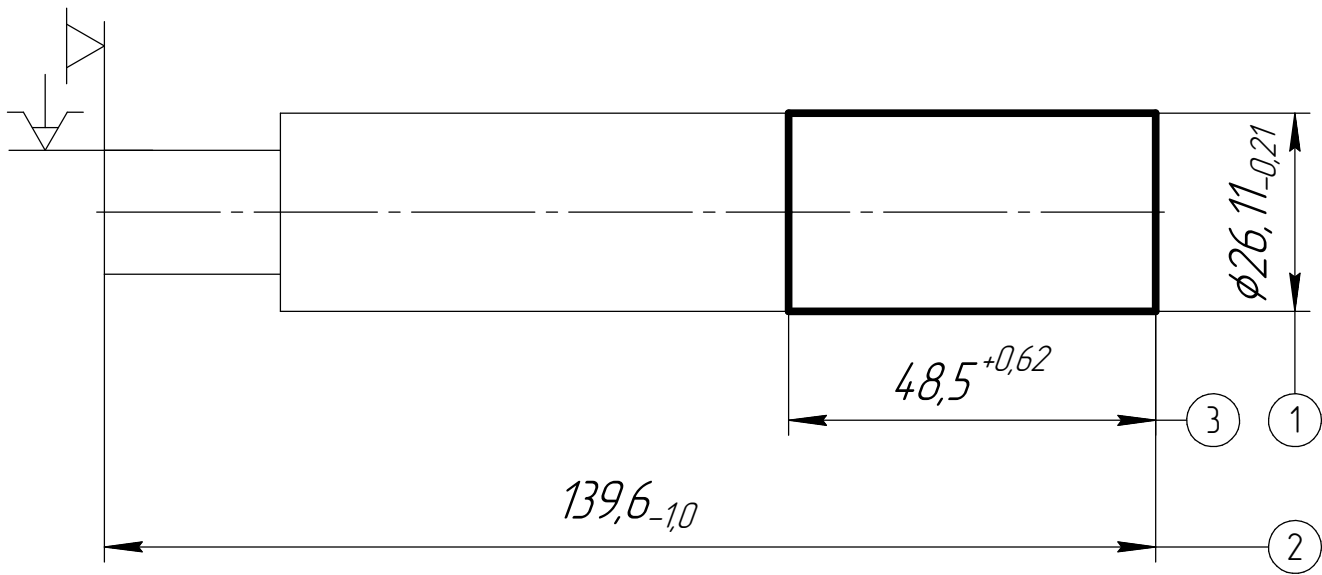


1. Заготівка – штамповка. Група контролю III по ОСТ 1 90074–72.
2. Невказані радіуси округлень R3
3. Невказані штампувальні нахили 3°
4. Зміщення штампів не більше 0,3 мм

[illegible]

1020

Ra 12,5



* – Розміри для довідок

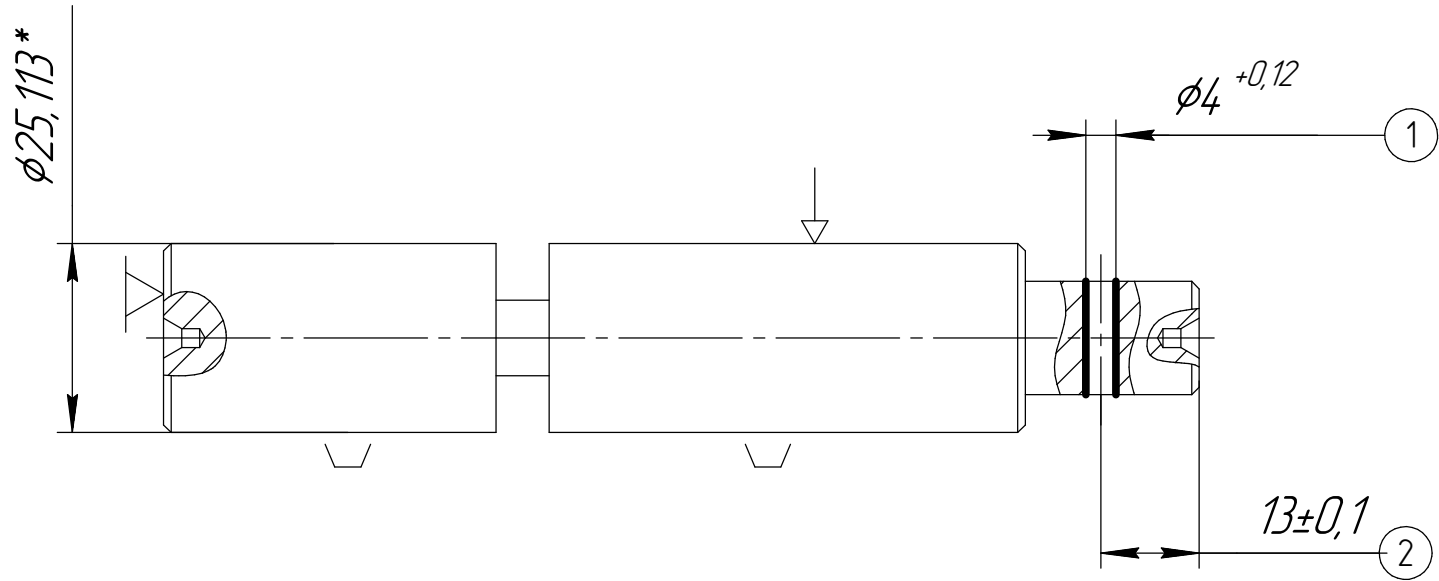
[illegible]

[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

						НУЗП 0214.1.014		1		1				
Розроб.	Слободчуков К.Р.			НУЗП		НУЗП 71524.1.014		М-112.2014.1.00045						
Перевір.	Степанов Д.М.													
Н. контр.	Дядя С.І.				Золотник									045

▽ Ra 6,3



* – Розміри для довідок

KE			
----	--	--	--

[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.014

1

1

Розроб. Слюбодчуков К.Р.

НУЗП

НУЗП 71524.1.014

М-112.2014.1.00075

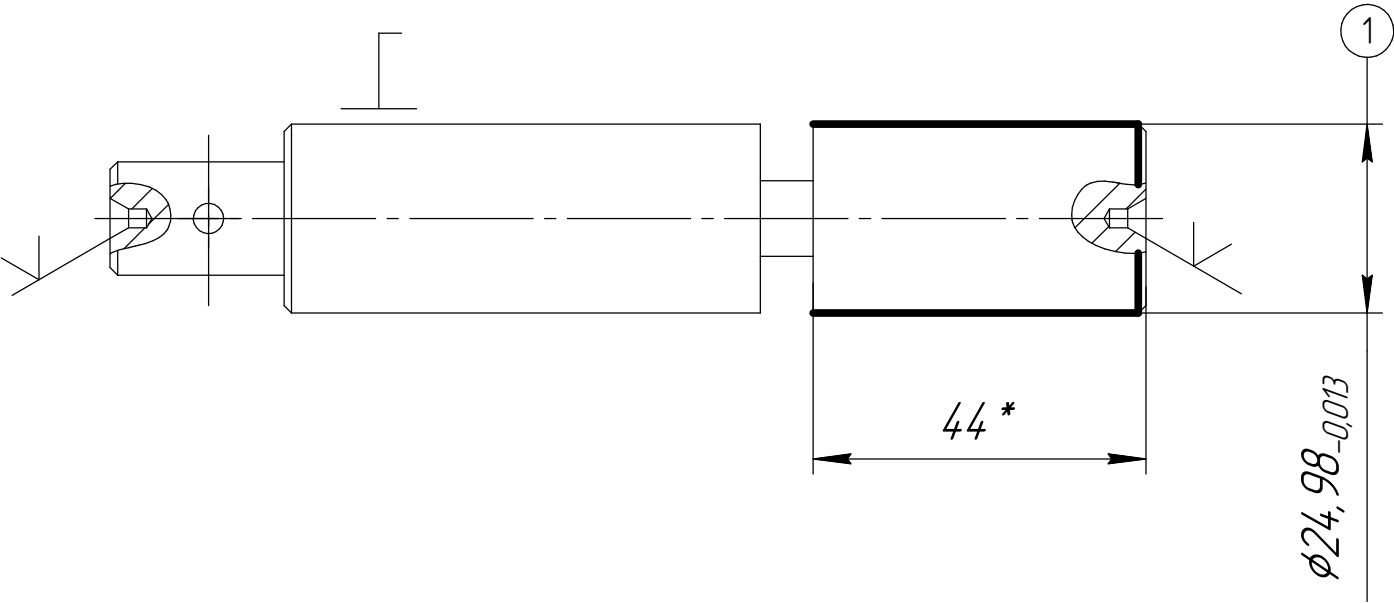
Перевір. Степанов Д.М.

Н. контр. Дядя С.І.

Золотник

075

▽ Ra 0,80



* – Розміри для довідок

KE

[illegible]