

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 «Вал» _____

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

_____ «Технологія машинобудування» _____

_____ СТАДНИК А.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) «Технологія 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)

СТАДНИК Анастасії Валеріївні

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

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 «Вал»,

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 «Вал», 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		
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)

_____ Анастасія СТАДНИК
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

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

РЕФЕРАТ

ПЗ: 111 с., 10 табл., 23 рис., 3 дод., 18 джерел.

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

Об'єкт дослідження – вал.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення вала.

В дипломному проєкті спроектовано технологічний процес виготовлення вала. Визначено метод отримання заготовки та економічно обгрунтовано. Виконано розрахунок технологічних переходів на основі якого був розроблений маршрут обробки вала. 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	20
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	24
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	24
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	28
1.6 Розрахунок режимів різання	37
1.6.1 Операція 015 – Токарно-центрувальна	37
1.6.2 Операція 050 – Свердлильна	41
1.6.3 Операція 080 – Токарна з ЧПК	43
1.7 Технічне нормування операцій	46
1.7.1 Операція 015 - Токарно-центрувальна	46
1.7.2 Операція 050 – Свердлильна	48
1.7.3 Операція 080 – Токарна з ЧПК	49
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	51
2 Конструкторська частина	55
2.1 Проектування робочого пристосування	55

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	56
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	57
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	59
2.2 Проектування і принцип роботи контрольного пристосування	61
2.3 Розрахунок на міцність	64
3 Організаційна частина	67
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	67
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	71
4 Економічна ефективність пристроїв	74
5 Охорона праці	78
Висновки	83
Перелік джерел посилання	84
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	86
Додаток Б. Керуюча програма	89
Додаток В. Технологічні карти	92

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипний гарячештамповочний прес

ЄСКД - єдина система конструкторської документації

ЄСТД - єдина система технологічної документації

МЦХ - масово-центрувальні характеристики

МОП – маршрут обробки поверхонь

МВД – маршрут виготовлення деталі

КП - керуюча програма

ПЗ - пояснювальна записка

ПК – персональний комп'ютер

РТК КП - розрахунково-технологічна карта керуючої програми

ТП - технологічний процес

ЧПК - числове програмне керування

ВСТУП

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

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

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

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

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «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 «Вал» (рис.1.1) входить у вузол редуктора і призначена для передачі крутного моменту від двигуна до робочої частини.

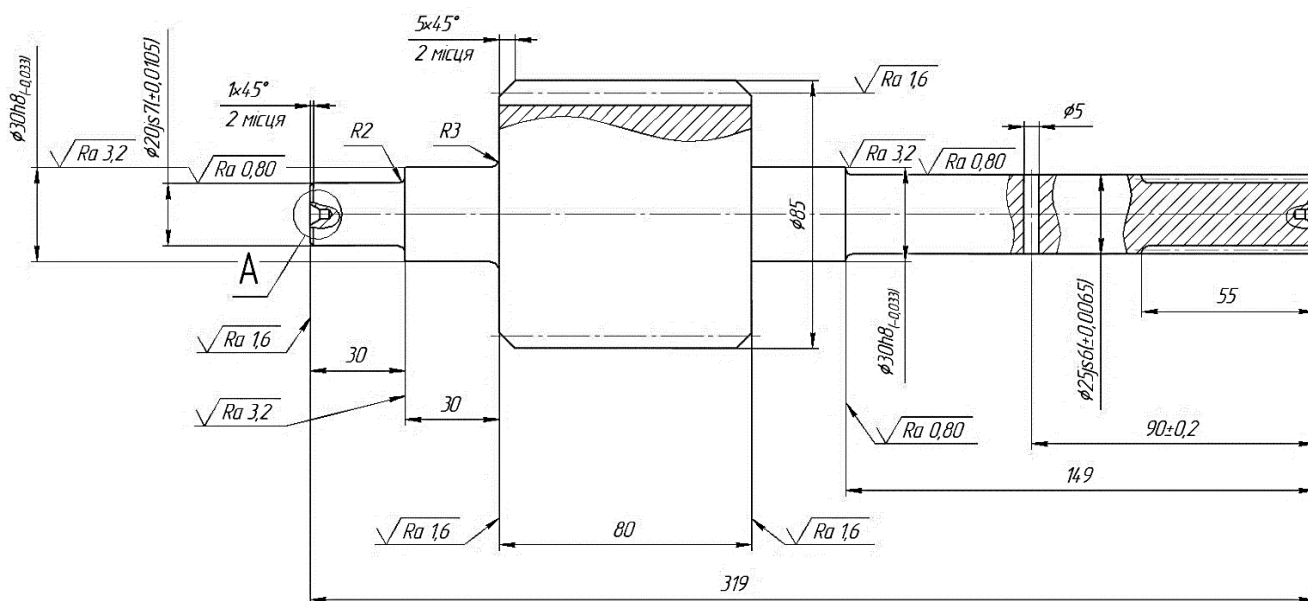


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Вал»

Деталь «Вал» відноситься до валів, де навантаження передається по зубчастому вінцю. Вал має шліці, які призначені для встановлення муфти для з'єднання з двигуном. Деталь працює під навантаженням 700–800 Н (70...80 кгс) на 1 мм довжини зуба. Вони повинні бути легкими і надійними, тому їх виробляють з достатнім коефіцієнтом запасу міцності. Робоча температура деталі «Вал» та її подібних: від $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$, середовище масляне.

Деталь «Вал» має довжину 319 мм, ступінчатої форми. Загальна шорсткість деталі складає 6,3 мкм.

Для полегшення виготовлення деталі до її конструкції входять центрувальні отвори, які не впливають на роботу деталі у вузлі. Зубчастий вінець з 30-ю зубцями та модулем 4 входять у зачеплення з колесом у редукторі. Довжина вінця складає 80 мм. Поверхні $\phi 30h8_{-0,033}$ призначені для встановлення втулок та виконуються з

шорсткістю 3,2 мкм. Для встановлення підшипників кочення та забезпечення посадки поверхні $\varnothing 20_{js7}(\pm 0,0105)$ виконуються з шорсткістю 0,8 мкм.

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

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

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

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

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

Деталь у процесі виготовлення піддається термообробці – гарту та відпускання.

Гарт 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 $N = 5000$ шт. та маси оброблюваної на проектованій ділянці деталі $m = 4,26$ 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).

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{254} \approx 40 \text{ шт.}$$

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 з прутка гарячекатанного та КГШП.

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

Заготовка з прутка гарячекатанного (рис.1.2) має розміри $\varnothing 90 \times 340$ мм. Маса такої заготовки складає 16,9 кг.

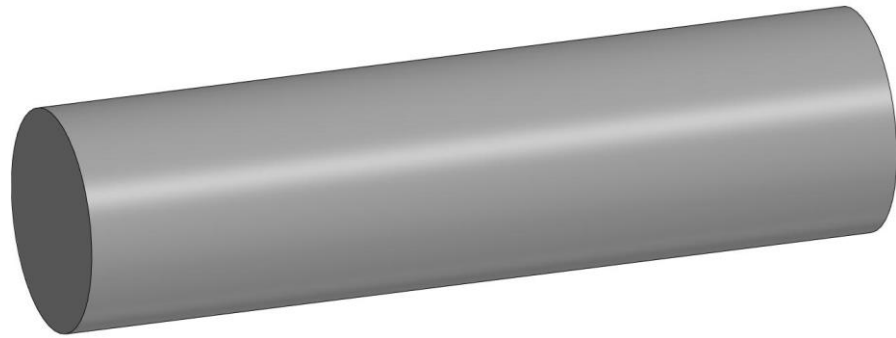


Рисунок 1.2 – Розрахунок МЦХ заготовки з прутка

Для заготовки на КГШП (рис.1.3) 2 кл. точності приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,3$ мм; для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,4$ мм; $120 - 260$ мм $Z = 2,7$ мм; $260 - 360$ мм - $Z = 2,9$ мм.

Вагу заготовки, виготовленої КГШП визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно розрахункам вага заготовки з врахуванням припусків складає $Q_2 = 5,6$ кг.

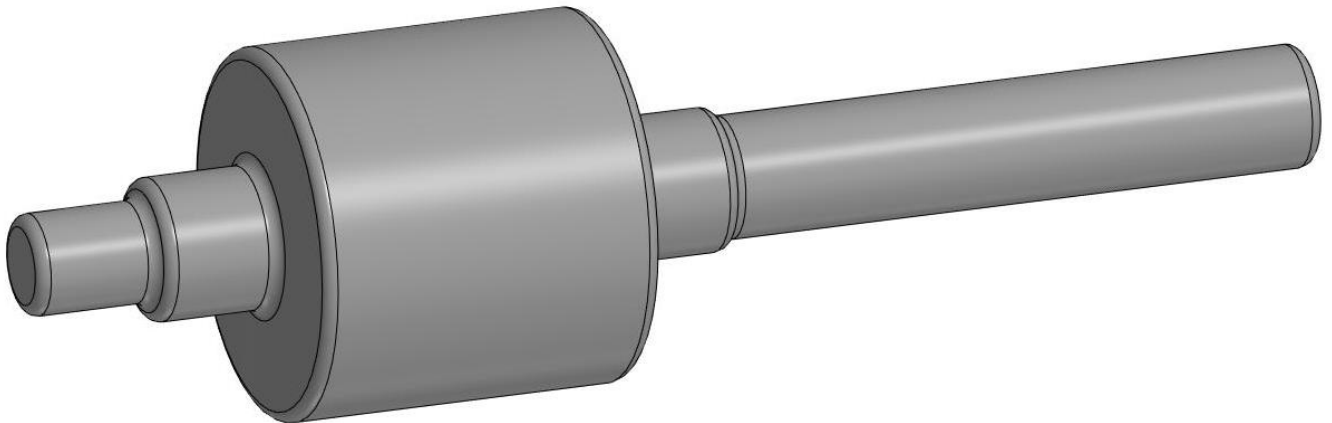


Рисунок 1.3 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки, отриманої штампуванням, розраховується по формулі:

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

Вартість заготовки з прокату розраховується по формулі:

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

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

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

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

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 16,9 - (16,9 - 4,26) \cdot \frac{140}{1000} = 57,38 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 5,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,84 \cdot 1,0 - (5,6 - 4,26) \cdot \frac{140}{1000} = 14,14 \text{ грн.}$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

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

$$\eta_1 = 4,26/16,9 = 0,25$$

$$\eta_2 = 4,26/5,6 = 0,76$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

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	
			пруток	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	Ø90 x 340	2,3; 2,4; 2,7; 2,9;
Вага заготовки	Q	кг	16,9	5,6
Базова вартість 1т. заготовки	B_6	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-	-	1,0
	K_M	-	-	1,0
	K_B	-	-	0,87
	K_n	-	-	0,84
	K_3	-	-	1,0
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	57,38	14,14
Коеф. використання матеріалу	η	-	0,25	0,76

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

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

$$E_B = (57,38 - 14,14) \cdot 5000 = 216200 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу за формулою:

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

$$M_2 = \frac{4,26 \cdot (0,76 - 0,25)}{0,76 \cdot 0,25} \cdot 5000 = 57173,7 \text{ кг}$$

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 6 з упором у торець 1, та центрувальні отвори у торцях деталі на першій механічній операції.

На чистових токарних операціях базовими поверхнями є зовнішня циліндричні поверхні 4 та 8 у поєднаннях з торцями 5 та 7, а також центрувальні отвори, які також застосовуються у якості баз на чистових токарних та шліфувальних операціях.

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.

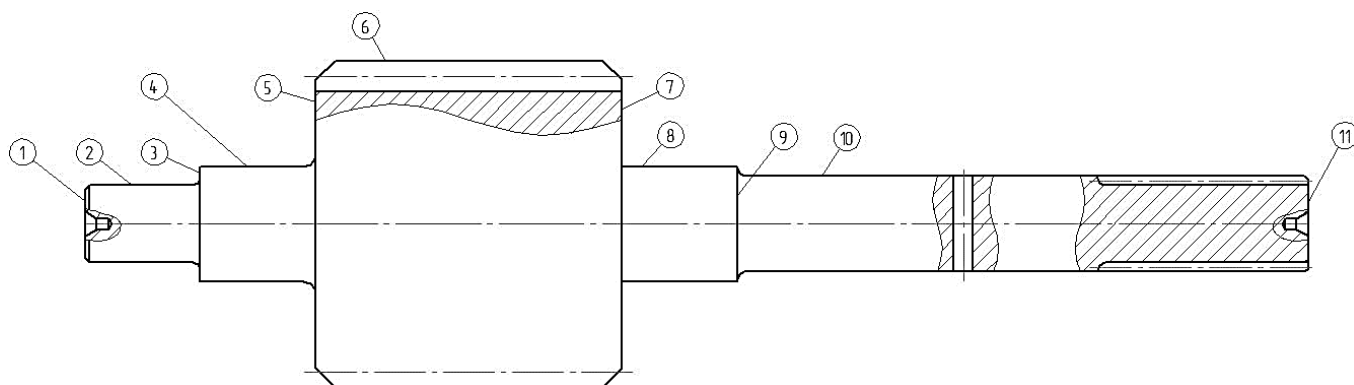


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

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	2	3	4	5	6	7
№1, 11 319	торцева	зовнішня	h14	~IT16	1,6	40

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
№2 Ø20js7(±0,0105)	циліндрична	зовнішня	js7	~IT16	0,8	40
№3 30	торцева	зовнішня	±IT14/2	~IT16	3,2	40
№4, 8 Ø30h8-0,033	циліндрична	зовнішня	h8	~IT16	3,2	40
№5, 7 80	торцева	зовнішня	h14	~IT16	1,6	40
№6 Ø85	циліндрична	зовнішня	h14	~IT16	6,3	40
№9 149	торцева	зовнішня	±IT14/2	~IT16	0,8	40
№10 Ø25js6(±0,0065)	циліндрична	зовнішня	js6	~IT16	0,8	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 №4 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:
 $Td_d = 0,033$ мм $Ra_d = 3,2$ мкм.

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +1,3; ei_{d3} = -0,7; Td_3 = 2,0 \text{ мм } Ra_3 = 40 \text{ мкм.}$$

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.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2000}{33} = 60,61; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{40}{3,2} = 12,5;$$

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2 \lg 60,61 = 3,6, \text{ приймаємо } k = 4.$$

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

$$IT16 \rightarrow h14 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$$

$$Ra40 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra3,2$$

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

Перехід 1 – точіння чорнове $h14$, $Td=0,52$ мм, $Ra 12,5$:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{2000}{520} = 3,85; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{12,5} = 3,2;$$

Перехід 2 – точіння напівчистове $h12$, $Td=0,21$ мм, $Ra 6,3$:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{520}{210} = 2,48; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98;$$

Перехід 3 – точіння чистове $h10$, $Td=0,084$ мм, $Ra 3,2$:

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{210}{84} = 2,5; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97;$$

Перехід 4 – точіння тонке $h8$, $Td=0,033$ мм, $Ra 3,2$:

$$\varepsilon_{Td4} = 84/33 = 2,55; \quad \varepsilon_{Ra4} = 3,2/3,2 = 1;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 3,85 \cdot 2,48 \cdot 2,5 \cdot 2,55 = 60,6$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 3,2 \cdot 1,98 \cdot 1,97 \cdot 1 = 12,5$$

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 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; міряльний 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 виконується отримання заготовки методом штампування на КГШП та термічна обробка – нормалізацію, для зняття внутрішніх напружень після штампування.

Після отримання заготівки виконуються чорнові токарні операцій, на яких обточується окалина від штампування та отримуються базові поверхні деталі.

Після чорнової обробки необхідно отримати твердість деталі згідно технічних вимогам, тому виконуємо термічну обробку (гарт, відпускання).

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 319h14-1,4 Ra1,6 Заг. IT16 Ra40	d	2,14			IT16 → h15 → h14 → h14 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	3000	40	-	-
	Ra	25	2,8	3		2	Точіння чорнове	2300	6,3	1,3	6,35
						3	Точіння напівчистове	1400	3,2	1,64	1,97
						4	Точіння чистове	1400	1,6	1,0	2,0
						Загальне уточнення				2,14	25
№2 циліндрична Ø20js7(±0,0105) Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	95,24	3,96	4	IT16 → h14 → h11→ h9 → h7 Ra40 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	2000	40	-	-
	Ra	50				2	Точіння чорнове	520	6,3	3,85	6,35
						3	Точіння напівчистове	130	3,2	4	1,97
						4	Точіння чистове	52	1,6	2,5	2
						5	Шліфування	21	0,8	2,48	2
						Загальне уточнення				95,3	50
№6 циліндр. Ø85h14-0,87 Ra6,3 Заг.IT16 Ra40	d	2,53			IT16 → h15→ h14 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3	1	Заготовка	2200	40	-	-
	Ra	6,35	1,61	2		2	Точіння чорнове	1400	12,5	1,57	3,2
						3	Точіння чистове	870	6,3	1,61	1,98
						Загальне уточнення				2,53	6,35

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№3 торцева 30±0,31 Ra3,2 Заг.IT16 Ra40	d	3,23			IT16 → ±IT15/2 → ±IT14/2 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2	1	Заготовка	2000	40	-	-
	Ra	12,5	2,2	2		2	Точіння чорнове	1000	6,3	2,0	6,35
						3	Точіння чистове	620	3,2	1,61	1,97
						Загальне уточнення				3,23	12,5
№4, 8 циліндрична Ø30h8-0,033 Ra3,2 Заг.IT16 Ra40	d	60,61	3,6	4	IT16 → h14 → h12 → h10 → h8 Ra40 → Ra12,5 → Ra6,3 → Ra3,2→ Ra3,2	1	Заготовка	2000	40	-	-
	Ra	12,5				2	Точіння чорнове	520	12,5	3,85	3,2
						3	Точіння напівчистове	210	6,3	2,48	1,98
						4	Точіння чистове	84	3,2	2,5	1,97
						5	Точіння тонке	33	3,2	2,55	1,0
						Загальне уточнення				60,6	12,5
№5, 7 торцева 80h14-0,74 Ra1,6 Заг.IT16 Ra40	d	2,97			IT16 → h15 → h14→ h14 Ra40→ Ra6,3→ Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	2200	40	-	-
	Ra	25	2,8	3		2	Точіння чорнове	1200	6,3	1,83	6,35
						3	Точіння напівчистове	740	3,2	1,62	1,97
						4	Точіння чистове	740	1,6	1,0	2,0
						Загальне уточнення				2,97	25
№9 торцева 149±0,5 Ra0,8 Заг.IT16 Ra40	d	2,5			IT16 → ±IT15/2 → ±IT14/2 → ±IT14/2 Ra40 → Ra6,3 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	2500	40	-	-
	Ra	50	3,4	3		2	Точіння чорнове	1600	6,3	1,56	6,35
						3	Точіння напівчистове	1000	1,6	1,6	3,94
						4	Точіння чистове	1000	0,8	1,0	2
						Загальне уточнення				2,5	50

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
№10 циліндрична Ø25js6(±0,0065) Ra0,8 Заг. IT16 Ra40	d	153,9	4,37	5	IT16 → h14 → h12→ h10→ h8→ h6 Ra40→ Ra12,5→ Ra6,3→ Ra3,2 → Ra1,6→ Ra0,8	1	Заготовка	2000	40	-	-	
	Ra	50				2	Точіння чорнове	520	12,5	3,85	3,2	
						3	Точіння напівчистове	210	6,3	2,48	1,98	
						4	Точіння чистове	84	3,2	2,5	1,97	
						5	Шліфування попереднє	33	1,6	2,55	2,0	
						6	Шліфування чистове	13	0,8	2,54	2,0	
						Загальне уточнення					154,5	50

Наступним етапом обробки є напівчистова та чистова механічні обробки, підготовка чистових баз, нарізання шліців та зубців, та шліфування поверхонь, які мають високі вимоги до виготовлення.

Заключним етапом виконуємо контроль оброблених поверхонь та відправляємо деталь на 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 Ø85h14_{-0,87}.

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 5,6$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С2, габаритів поверхні для штамповки підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки:
 $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{smallmatrix} +1,5 \\ -0,7 \end{smallmatrix} \right) = 2200 \text{ мкм.}$

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

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

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, $\Delta_{\text{кор}} = 1,8 \text{ мкм/мм}$ [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 1,8 \cdot 85 = 153 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{153^2 + 450^2} = 475 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_2 = 1,0 \cdot 85 = 85 \text{ мкм.}$$

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

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

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

$$\rho_3 = 475 \cdot 0,06 = 29 \text{ мкм.}$$

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

де ε_3 – похибка встановлення деталі при закріпленні;

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

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

$$\rho_4 = 1,0 \cdot 85 = 85 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_5 = 85 \cdot 0,05 = 4 \text{ мкм.}$$

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

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.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[200 + 250 + \sqrt{85^2 + 604^2} \right] = 2120 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{85^2 + 30^2} \right] = 580 \text{ мкм;}$$

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

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

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 85 + 0,58 + 1,4 = 86,98 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 86,98 + 2,12 + 2,2 = 91,3 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{заг} \max} = 91,3 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$d_{\text{заг} \min} = d_{\text{заг} \max} - Td_{\text{заг}} = 91,3 - 2,2 = 89,1 \text{ мм}$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 86,98 - 1,4 = 85,58 \text{ мм}$$

$$d_{5 \min} = d_{5 \max} - Td_5 = 85 - 0,87 = 84,13 \text{ мм}$$

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

$$\begin{aligned} 2Z_{i \max} &= d_{i-1 \max} - d_{i \min} \\ 2Z_{3 \max} &= d_{\text{заг} \max} - d_{3 \min} = 91,3 - 85,58 = 5,72 \text{ мм} \\ 2Z_{5 \max} &= d_{3 \max} - d_{5 \min} = 86,98 - 84,13 = 2,85 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.14)$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$\begin{aligned} 2Z_{i \min} &= d_{i-1 \min} - d_{i \max} \\ 2Z_{3 \min} &= d_{\text{заг} \min} - d_{3 \max} = 89,1 - 86,98 = 2,12 \text{ мм} \\ 2Z_{5 \min} &= d_{3 \min} - d_{5 \max} = 85,58 - 85 = 0,58 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.15)$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$\begin{aligned} TZ_0 &= 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}, \\ 2Z_{0 \max} &= d_{\text{заг} \max} - d_{5 \min} = 91,3 - 84,13 = 7,17 \text{ мм} \\ 2Z_{0 \min} &= d_{\text{заг} \min} - d_{5 \max} = 89,1 - 85 = 4,1 \text{ мм} \\ 7,17 - 4,1 &= 3,07 = 2,2 + 0,87 = 3,07 \end{aligned} \quad (1.16)$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$\begin{aligned} d_{\text{заг ном}} &= d_{\text{заг} \min} + ei d_{\text{заг}} = d_{\text{заг} \max} - es d_{\text{заг}}, \\ d_{\text{заг ном}} &= 89,1 + 0,7 = 91,3 - 1,5 = 89,8 \\ d_{\text{заг}} &= \varnothing 89,8^{+1,5}_{-0,7}, \\ d_3 &= \varnothing 86,98_{-1,4}; \quad d_5 = \varnothing 85_{-0,87} \end{aligned} \quad (1.17)$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом

За ГОСТ 7505-74 [8, табл. 49, стр. 248], враховуючи масу заготовки $Q = 5,6$ кг, матеріалу деталі - група сталі М1, ступінь складності штампування С2, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру $319h14_{-1,4}$: $Z_{0 \min} = 4,0$ мм на сторону. 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;

$$Z_{3 \min} = Z_{4 \min} = 0,625 \cdot 4 = 2,5 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = Z_{7 \min} = 0,25 \cdot 4 = 1,0 \text{ мм}$$

$$Z_{7 \min} = Z_{8 \min} = 0,125 \cdot 4 = 0,5 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

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

$$l_{8 \max} = l_{9 \max} + Z_{9 \min} + Tl_8 = 319 + 0,5 + 1,4 = 320,9 \text{ мм}$$

$$l_{7 \max} = l_{8 \max} + Z_{8 \min} + Tl_7 = 320,9 + 0,5 + 1,4 = 322,8 \text{ мм}$$

$$l_{6 \max} = l_{7 \max} + Z_{7 \min} + Tl_6 = 322,8 + 1 + 1,4 = 325,2 \text{ мм}$$

$$l_{4 \max} = l_{6 \max} + Z_{6 \min} + Tl_4 = 325,2 + 1 + 2,3 = 328,5 \text{ мм}$$

$$l_{3 \max} = l_{4 \max} + Z_{4 \min} + Tl_3 = 328,5 + 2,5 + 2,3 = 333,3 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_{\text{заг}} = 333,3 + 2,5 + 3,0 = 338,8 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } l_{\text{заг} \max} = 338,8 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

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

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 338,8 - 3 = 335,8 \text{ мм}$$

$$l_3 \min = l_3 \max - Tl_3 = 333,3 - 2,3 = 331,0 \text{ мм}$$

$$l_4 \min = l_4 \max - Tl_4 = 328,5 - 2,3 = 326,2 \text{ мм}$$

$$l_6 \min = l_6 \max - Tl_6 = 325,2 - 1,4 = 323,8 \text{ мм}$$

$$l_7 \min = l_7 \max - Tl_7 = 322,8 - 1,4 = 321,4 \text{ мм}$$

$$l_8 \min = l_8 \max - Tl_8 = 320,9 - 1,4 = 319,5 \text{ мм}$$

$$l_9 \min = l_9 \max - Tl_9 = 319 - 1,4 = 317,6 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

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

$$Z_3 \max = l_{\text{заг} \max} - l_3 \min = 338,8 - 331 = 7,8 \text{ мм}$$

$$Z_4 \max = l_3 \max - l_4 \min = 333,3 - 326,2 = 7,1 \text{ мм}$$

$$Z_6 \max = l_4 \max - l_6 \min = 328,5 - 323,8 = 4,7 \text{ мм}$$

$$Z_7 \max = l_6 \max - l_7 \min = 325,2 - 321,4 = 3,8 \text{ мм}$$

$$Z_8 \max = l_7 \max - l_8 \min = 322,8 - 319,5 = 3,3 \text{ мм}$$

$$Z_9 \max = l_8 \max - l_9 \min = 320,9 - 317,6 = 3,3 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

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

$$Z_3 \min = l_{\text{заг} \min} - l_3 \max = 335,8 - 333,3 = 2,5 \text{ мм}$$

$$Z_4 \min = l_3 \min - l_4 \max = 331 - 328,5 = 2,5 \text{ мм}$$

$$Z_6 \min = l_4 \min - l_6 \max = 326,2 - 325,2 = 1,0 \text{ мм}$$

$$Z_7 \min = l_6 \min - l_7 \max = 323,8 - 322,8 = 1,0 \text{ мм}$$

$$Z_8 \min = l_7 \min - l_8 \max = 321,4 - 320,9 = 0,5 \text{ мм}$$

$$Z_9 \min = l_8 \min - l_9 \max = 319,5 - 319 = 0,5 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$\begin{aligned}
 TZ_0 &= 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Tl_{\text{заг}} + Tl_{\text{дет}}, & (1.23) \\
 2Z_{0\max} &= l_{\text{заг}\max} - l_{9\min} = 338,8 - 317,6 = 21,2 \text{ мм} \\
 2Z_{0\min} &= l_{\text{заг}\min} - l_{9\max} = 335,8 - 319 = 16,8 \text{ мм} \\
 21,2 - 16,8 &= 4,4 = 3 + 1,4 = 4,4
 \end{aligned}$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$\begin{aligned}
 l_{\text{заг ном}} &= l_{\text{заг}\min} + ei_{\text{заг}} = l_{\text{заг}\max} - es_{\text{заг}}, & (1.24) \\
 l_{\text{заг ном}} &= 335,8 + 1,2 = 338,8 - 1,8 = 337 \text{ мм} \\
 l_{\text{заг}} &= 337^{+1,8}_{-1,2}; \quad l_3 = 333,3_{-2,3}; \quad l_4 = 328,5_{-2,3}; \quad l_6 = 325,2_{-1,4}; \\
 l_7 &= 322,8_{-1,4}; \quad l_8 = 320,9_{-1,4}; \quad l_9 = 319_{-1,4};
 \end{aligned}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – Токарно-центрувальна

Визначаємо режими різання та основного часу аналітичним способом на операцію 015 – токарно-центрувальна (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті 16К20, технічні характеристики якого вказані у [10, стор. 421].

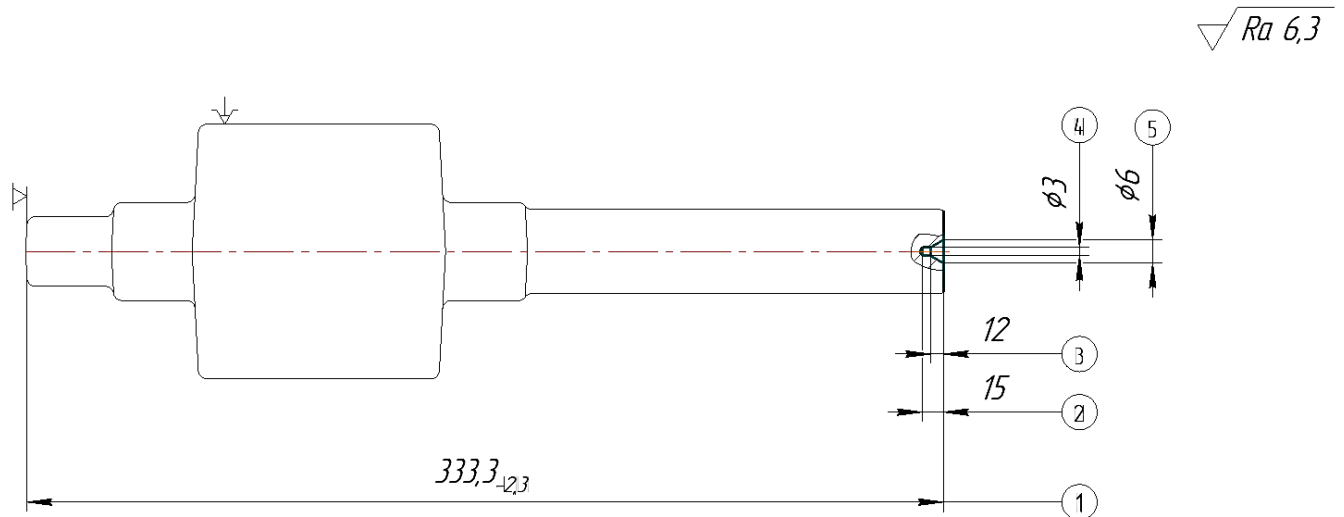


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарно-центрувальної

Обробка виконується за 2 переходів.

Перехід №1 – підрізати торець 1.

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

Знаходимо глибину різання t , мм:

$$t = 337 - 333,3 = 3,7 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу - S_0 мм/об [7, стор.268, табл.11] $S_0 = 0,4$ 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, яка допускається властивостями різця за формулою:

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

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

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

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

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

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

де K_{Γ} - група сталі по обробляємості, $K_{\Gamma} = 1,0$ [7, стор. 263, табл. 2];

n_v - показник степені, $n_v = 1,0$;

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

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

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

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

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

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3,7^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,91 = 138,9 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 138,9}{3,14 \cdot 30,5} = 1450$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату та приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} (\text{хв}^{-1})$ [10,с.421],
 $n_{\text{вт}} = 1250 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 30,5 \cdot 1250}{1000} = 119,7 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою:

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

де C_p, x, y, 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].

$$K_p = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,94$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,7^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 119,7^{-0,15} \cdot 0,94 = 2563,13 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт.

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

$$N = \frac{2563,13 \cdot 119,7}{1020 \cdot 60} = 5,01 \text{ кВт}$$

Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}},$$

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

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

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

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

$$5,01 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час

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

де L – шлях інструменту в напрямку подачі в мм;

i - кількість робочих ходів,

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

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

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

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

$$t_0 = \frac{15,25 + 3,7 + 3}{1250 \cdot 0,4} \cdot 1 = 0,04 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунок режимів для інших переходів. Загальний час по операції складає 0,74 хв.

1.6.2 Операція 050 – Свердлильна

Визначаємо режими різання та основного часу за допомогою табличних даних на операцію 050 – свердлильну (рис.1.7). Обробка виконується на свердлильному верстаті 2Н135.

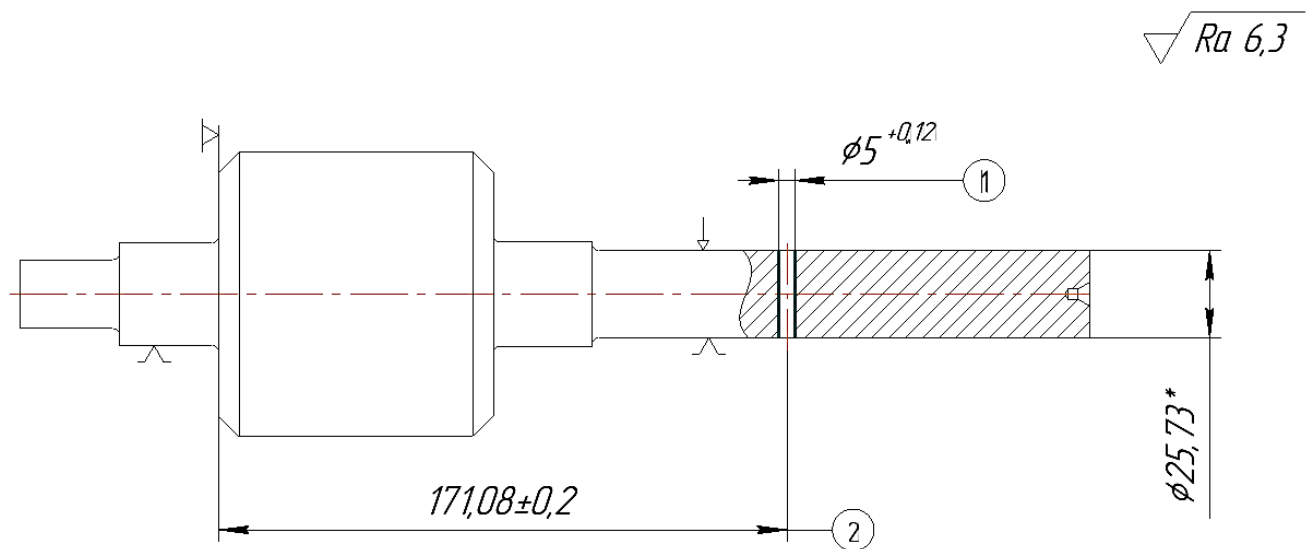


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 050 – свердлильній

Перехід – свердлити 1 отв., витримуючи розміри 1, 2. Згідно вихідних даних вибираємо різальний інструмент [7,с.146] – свердло спіральне з конічним хвостовиком Ø5 P6M5K5 ГОСТ 10902-77.

Визначаємо глибину різання t , мм при свердлінні: $t = \text{Ø}5 / 2 = 2,5$ мм.

Вибираємо подачу S_0 , мм/об по [7,с.277,табл.25] - $S_0=0,1$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання при свердлінні за формулою:

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{Mv} \cdot K_{nv} \text{ м/хв} \quad (1.36)$$

$$V = 15 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 14,1 \text{ м/хв}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot 14,1}{3,14 \cdot 5} = 898 \text{ хв}^{-1}.$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} = 710 \text{ хв}^{-1}$.

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 710}{1000} = 11,2 \text{ м/хв}.$$

Знаходимо силу різання та крутний момент при свердлінні за формулами:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.37)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.38)$$

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.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,15 = 780,2 \text{ Н}.$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^{2,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,15 = 1,98 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (1.39)$$

$$N = \frac{1,98 \cdot 710}{9750} = 0,14 \text{ кВт}$$

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

$$N_{\text{шп}} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт} > 0,14 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час при свердлінні за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.40)$$

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

$$y = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ мм}$$

$$L = 20,73 + 2,5 + 5 = 28,23 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{28,23}{710 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,40 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 080 – Токарна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 080 – токарну з ЧПК (рис.1.8). Обробка виконується на верстаті з ЧПК MAST ML 500x1000 SH8 [11]. Обираємо інструмент для верстатів з ЧПК за каталогом [12]: державка STFCL 2020K-16 (рисунок 1.9, таблиця 1.7); ріжуча пластина TСMT 16Т304-ФЗР (рисунок 1.10, таблиця 1.8).

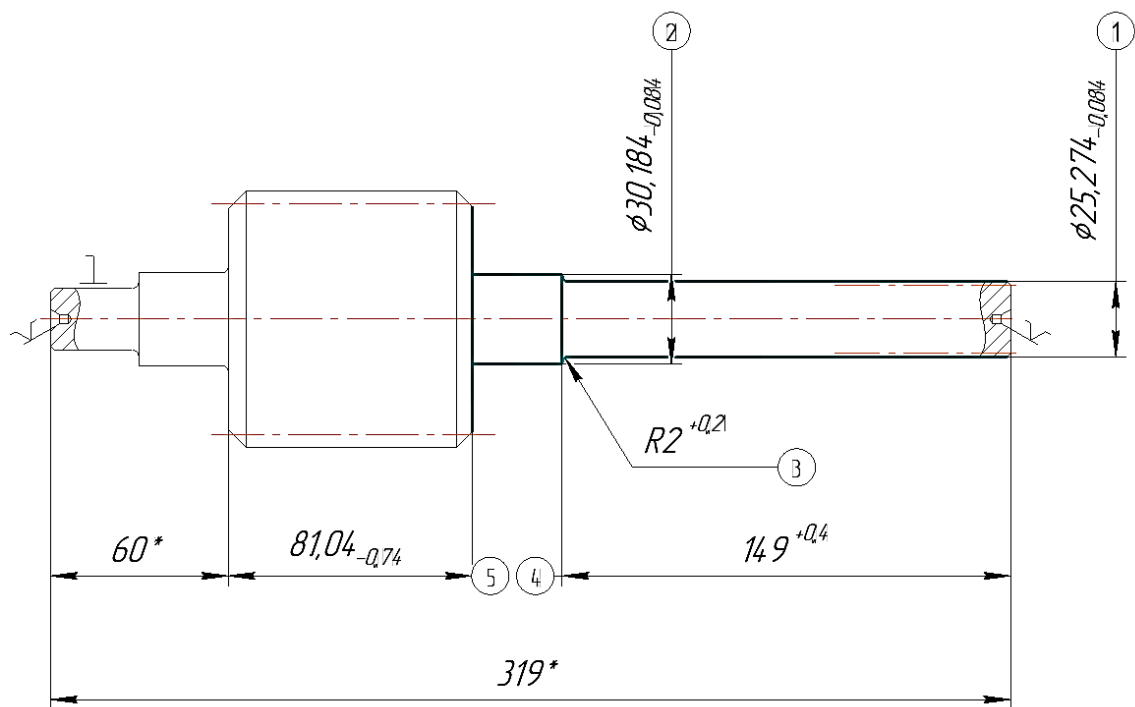
$\sqrt{Ra\ 3,2}$


Рисунок 1.8 – Ескіз до обробки на операції 080 – токарну з ЧПК

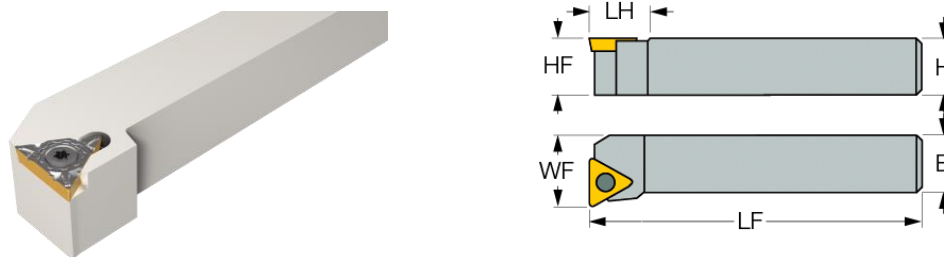


Рисунок 1.9 - Державка STFCL 2020K-16

Таблиця 1.7 - Геометричні параметри державки STFCL 2020K-16

H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	HAND
20.0	20.0	20.0	125.00	18.0	25.00	0.0	0.0	L



Рисунок 1.10 - Ріжуча пластина TCMT 16T304-F3P

Таблиця 1.8 - Геометричні параметри ріжучої пластини TCMT 16T304-F3P

L	IC	S	RE	D1	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)
16.50	9.52	3.97	0.40	4.40	0.050	0.200	0.10	1.70

З табл.1.8 з діапазону 0,05...0,2 вибираємо подачу $S_0 = 0,1$ мм/об.

Рекомендована швидкість різання, яка допускається властивостями ріжучої пластини знаходиться у діапазоні 80...150 м/хв. Приймаємо 100 м/хв.

Визначаємо глибину різання для переходу:

$$t = \frac{25,73 - 25,274}{2} = 0,228 \text{ мм}$$

Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання за формулою (1.23):

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 25,274} = 1260$$

Так як верстат з ЧПК має безступінчасте регулювання частоти обертання, приймаємо $n_{\text{вт}} = 1200$ хв⁻¹.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою (1.24):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 25,274 \cdot 1200}{1000} = 95,2 \text{ м/хв}$$

Дійсна швидкість різання входить у рекомендований діапазон.

Визначаємо силу різання P_z за формулою (1.25):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,228^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 95,2^0 \cdot 1,15 = 139,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання за формулою (1.27):

$$N = \frac{139,9 \cdot 95,2}{1020 \cdot 60} = 0,22 \text{ кВт}$$

Так як $0,22 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт}$ – умова виконується.

Визначаємо машинний час за формулою (1.29):

$$t_0 = \frac{207,823 + 0,228 + 3}{1200 \cdot 0,1} \cdot 1 = 1,76 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 – Токарно-центрувальна

Допоміжний час визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.42)$$

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];

$$t_{\text{доп}} = 0,03 + 0,03 + (0,02 + 0,01) = 0,09 \text{ хв}$$

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{доп}}, \quad (1.43)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,11 + 0,09 = 0,2 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$t_{\text{дод}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot t_{\text{оп}}, \quad (1.44)$$

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

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

$$t_{\text{дод}} = (0,06 + 0,04) \cdot 0,2 = 0,02 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$\begin{aligned} t_{\text{шт}} &= t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \\ t_{\text{шт}} &= 0,2 + 0,02 = 0,22 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.45)$$

Підготовчо-заключний час визначається за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \quad (1.46)$$

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

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

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

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

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$\begin{aligned} t_{\text{шк}} &= t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \\ t_{\text{шк}} &= 0,22 + \frac{30}{40} = 0,97 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.47)$$

1.7.2 Операція 050 – Свердлильна

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.42), при цьому $t_y = 0,03$, [13, стор.438, к.63]; $t_{упр} = 0,07$ [13, стор.440, к.64]; $t_{контр} = 0,1$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{доп} = 0,03 + 0,07 + 0,1 = 0,20 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.43):

$$t_{оп} = 0,4 + 0,20 = 0,60 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.44), де $\alpha_{тех}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{відп}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{дод} = (0,06 + 0,04) \cdot 0,60 = 0,06 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.45):

$$t_{шт} = 0,60 + 0,06 = 0,66 \text{ хв}$$

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

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

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.46):

$$t_{шк} = 0,66 + \frac{26}{40} = 1,31 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 080 – Токарна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.42), при цьому $t_y = 0,07$, [13, стор.56, к.5]; $t_{\text{упр}} = 0,32$ [13, стор.79, к.14]; $t_{\text{контр}} = 0,52$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,07 + 0,32 + 0,52 = 0,91 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.43):

$$t_{\text{оп}} = 1,76 + 0,91 = 2,67 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.44), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,04) \cdot 2,67 = 0,27 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 2,67 + 0,27 = 2,94 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.46), де $t_{\text{пз1}} = 15$ хв, [13, стор.96, к.21]; $t_{\text{пз2}} = 7$ хв, [13, стор.97, к.21]; $t_{\text{пз3}} = 7$ хв, [13, стор.104, к.28].

$$t_{\text{пз}} = 15 + 7 + 7 = 29 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.47):

$$t_{\text{шк}} = 2,94 + \frac{29}{40} = 3,67 \text{ хв}$$

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	Токарно- центрувальна	16K20	0,11	0,09	0,2	0,02	0,22	30	0,97
020	Токарно- центрувальна	16K20	0,11	0,09	0,2	0,02	0,22	30	0,97
025	Токарна	16K20	2,48	0,87	3,35	0,34	3,69	30	4,44
030	Токарна	16K20	2,11	0,67	2,78	0,28	3,06	30	3,81
040	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	2,64	1,02	3,66	0,37	4,03	29	4,75
045	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	1,69	0,74	2,43	0,24	2,67	29	3,40
050	Свердлильна	2H135	0,4	0,2	0,6	0,06	0,66	26	1,31
055	Фрезерна з ЧПК	Kitamura Mycenter - 2XD "Sparkchanger"	2,25	1,54	3,79	0,38	4,17	33	4,99
060	Зубофре- зерна з ЧПК	SF200 CNC	3,25	1,41	4,66	0,47	5,13	31	5,90
070	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	0,1	0,08	0,18	0,02	0,20	24	0,80

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
075	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	0,1	0,08	0,18	0,02	0,20	24	0,80
080	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	1,76	0,91	2,67	0,27	2,94	29	3,66
085	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	0,46	0,41	0,87	0,09	0,96	29	1,68
090	Зубошліфу- вальна з ЧПК	SMG405GF3	2,12	1,96	4,08	0,41	4,49	27	5,16
095	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	0,39	0,27	0,66	0,07	0,73	29	1,45
100	Круглошлі- фувальна	3A130	1,64	0,81	2,45	0,25	2,70	29	3,42
105	Круглошлі- фувальна	3A130	0,3	0,24	0,54	0,05	0,59	29	1,32
110	Круглошлі- фувальна	3A130	0,84	0,81	1,65	0,17	1,82	29	2,54

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Керуючу програму розробляємо для операції 080 – токарна з ЧПК, де відбувається точіння зовнішніх поверхонь. Розробку виконуємо у конструкторському пакеті Siemens NX.

На початку проєктування створюємо 3д модель деталі, яка буде утворюватись після обробки. (рис.1.11).

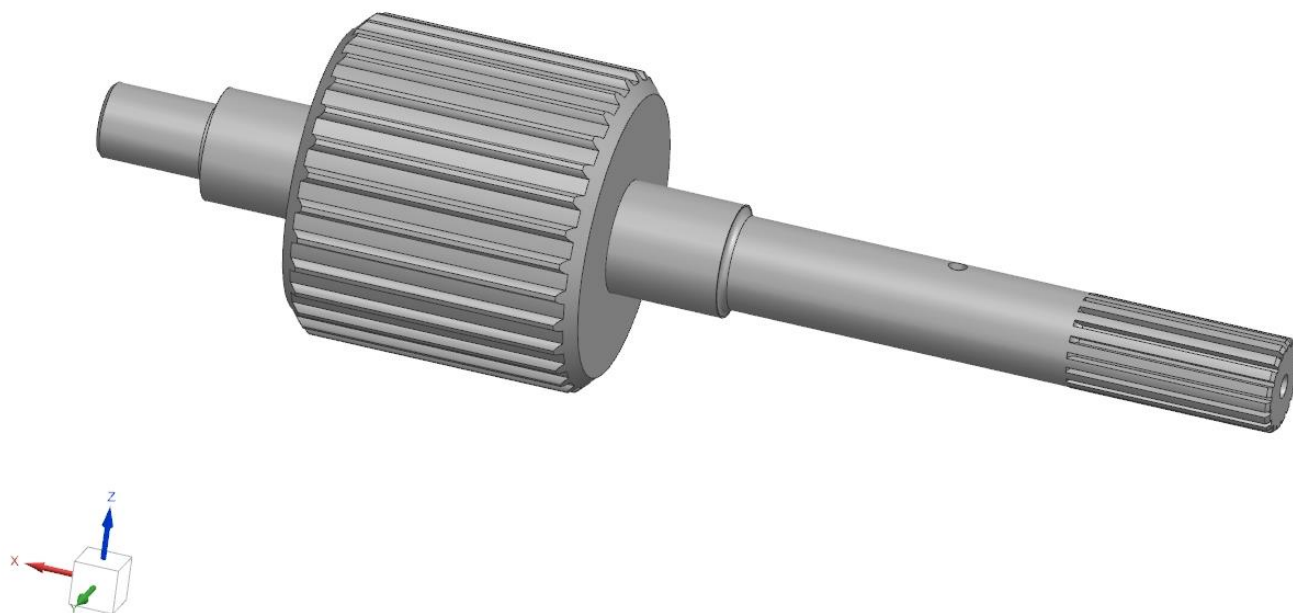


Рисунок 1.11 – Створення 3д моделі деталі після обробки

Після створення деталі виконуємо налаштування системи координат. (рис.1.12).

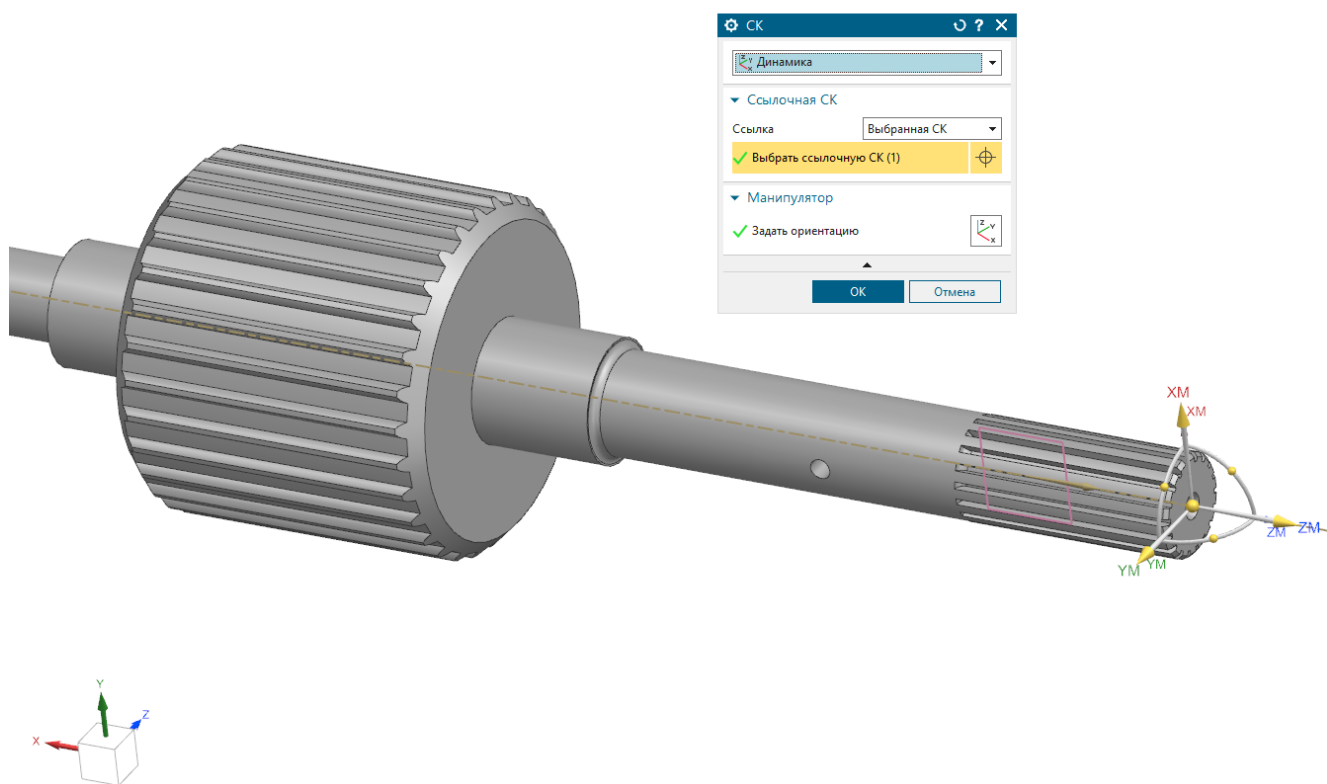


Рисунок 1.12 – Налаштування систем координат

Наступний етап – створення ріжучого інструменту – токарний прохідний різець з механічним кріпленням пластин, які вказані у п.1.6.3.

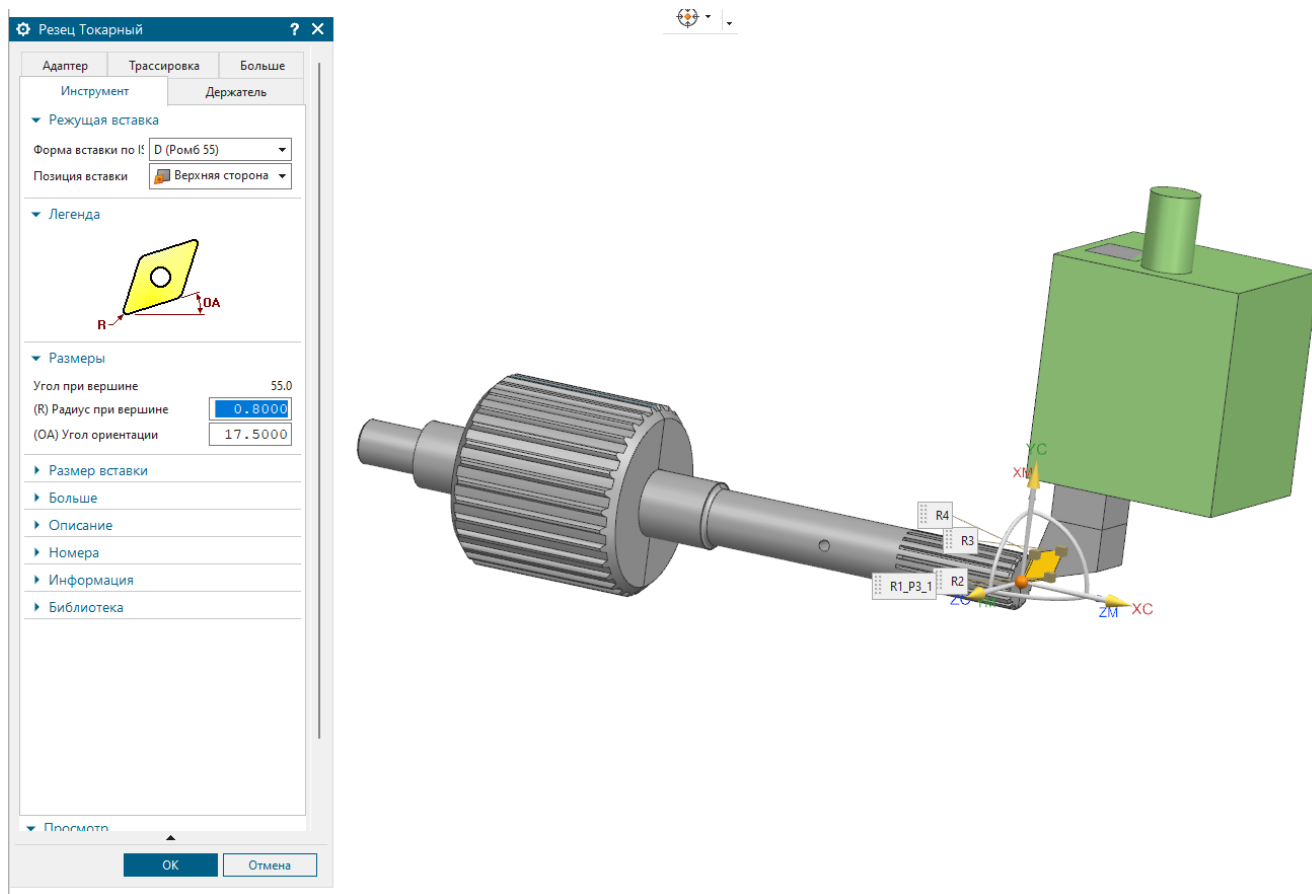


Рисунок 1.13 – Створення ріжучого інструменту

У параметрах траєкторії та геометрії точіння вказуємо початкову та кінцеву точки руху інструмента, задаємо частоту обертання шпинделя та значення подачі, які розраховані у п.1.6.3 (рисунок 1.14).

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

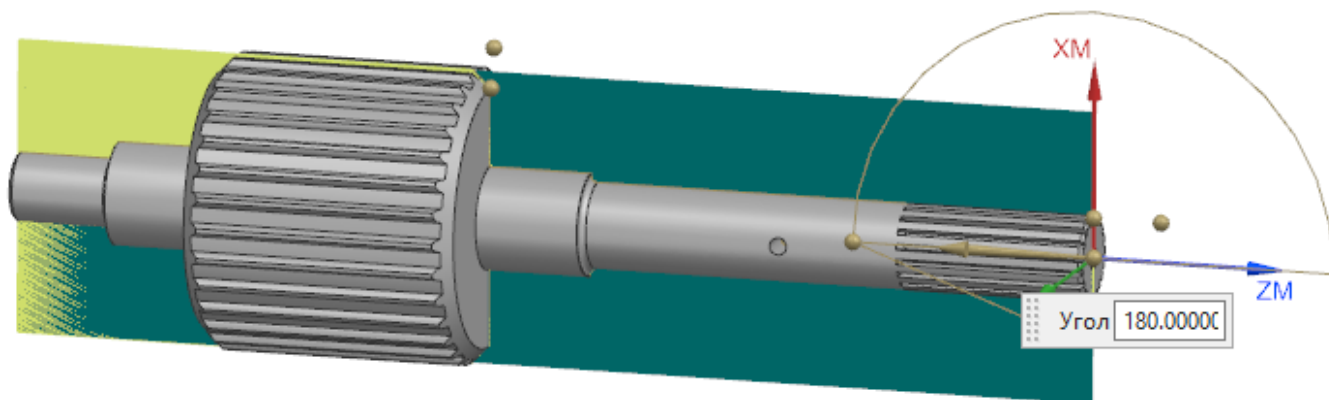
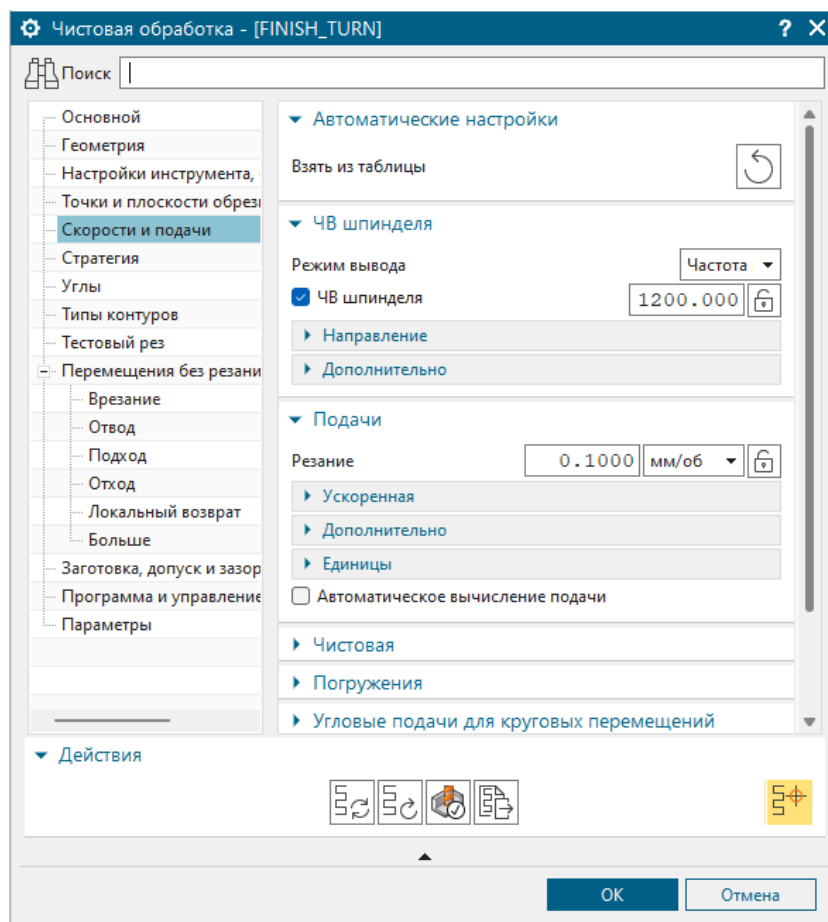


Рисунок 1.14 – Налаштування руху інструмента

2 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

На операції 050 – свердлильний використовується пневматичне пристосування для свердління отвору $\varnothing 5$ (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата 2Н135.

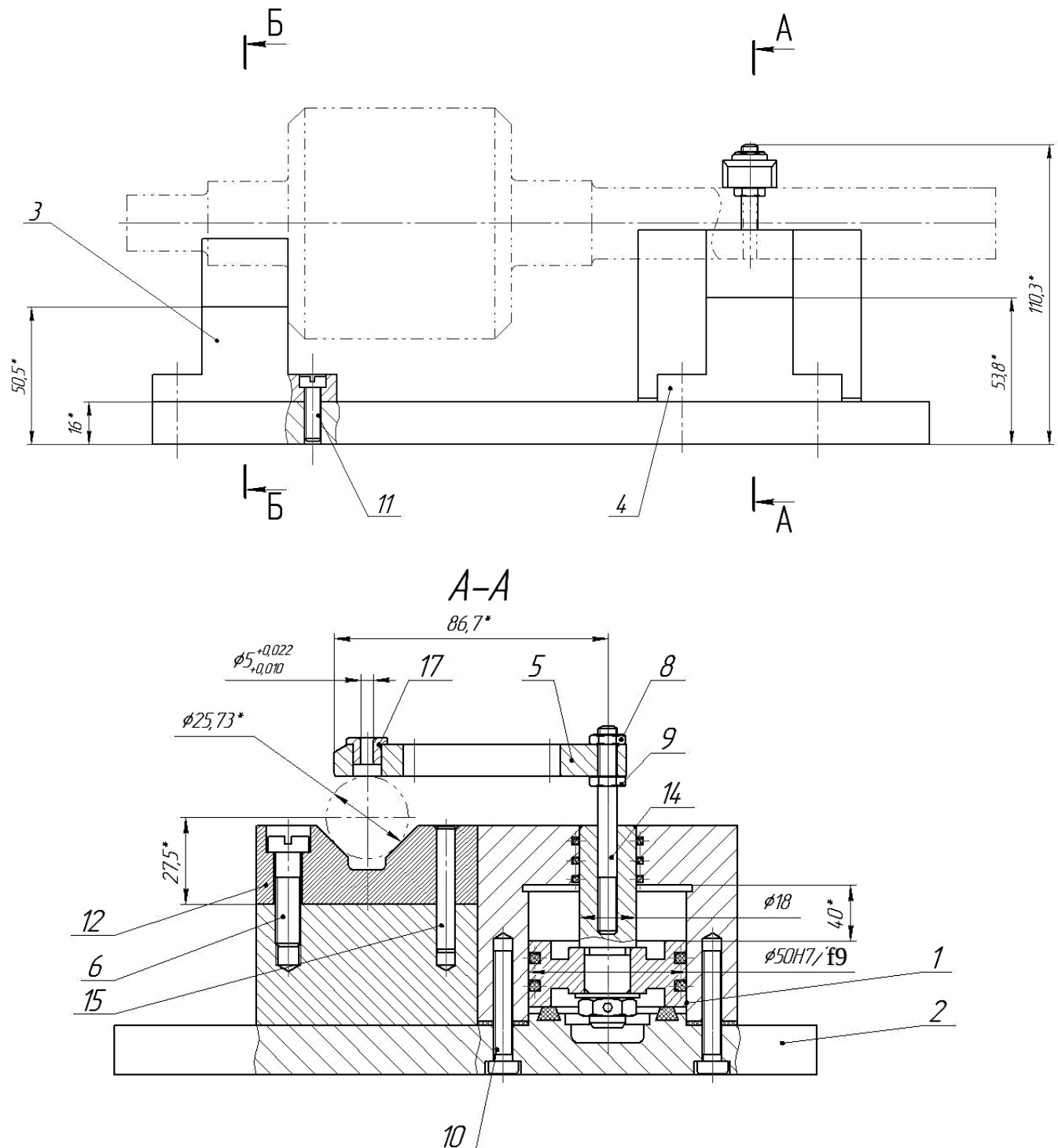


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для свердління

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

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

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

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

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

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

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування складається з пневмоциліндра 1, який встановлюється на плиту 2, та стійки 3, 4. На стійки 3 та 4 закріплюються призми 12 та 13, які призначені для встановлення деталі. Прихват 5 затискує деталь у пристосуванні та запобігає зсуву деталі під час обробки. Призма 13 також служить упором для деталі торцевою частиною. За рахунок обох призм деталь центрується у пристосуванні.

Обробка виконується через кондукторну втулку 17.

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

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра 1, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вкручені шпилька 14, яка з'єднана з прихватом 5. Зусилля, яке передається через шпильку 14 на прихват 5, допомагає закріпити деталь. При потраплянні стислого повітря у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вгору, внаслідок чого сила тиску послаблюється та деталь розкріплюється.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Вал» встановлюється у призму (рис. 2.2).

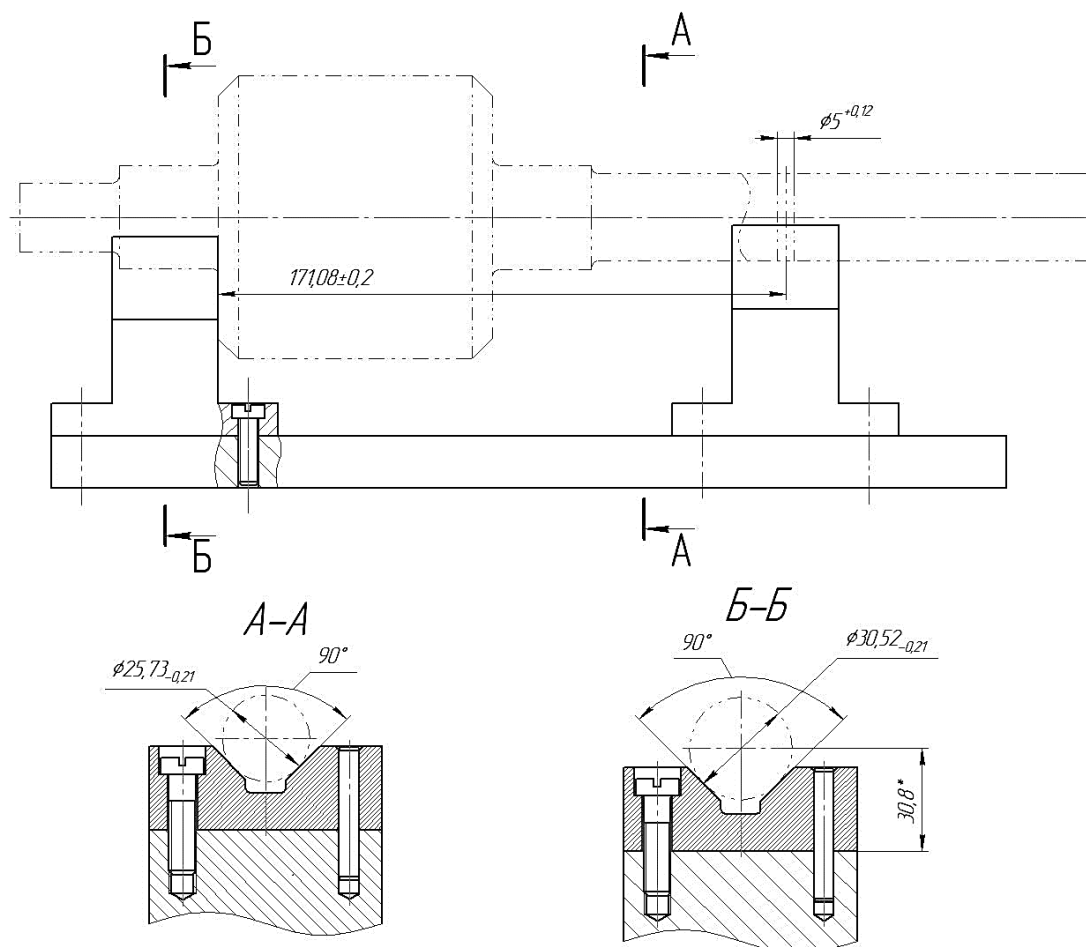


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі у призму

Визначаємо похибку встановлення на розмір $171,08 \pm 0,2$ під час свердління по [14, стр.51].

Похибка встановлення 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 на розмір $171,08 \pm 0,2$ буде дорівнювати нулю, так як вимірювальна база та встановлювальна співпадають $\varepsilon_6 = 0$.

Похибка закріплення по [14, стр.51] складає $\varepsilon_3 = 70$ мкм.

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

Так як похибка встановлення менша за $1/3$ допуску на виготовлення $171,08 \pm 0,2$ ($T_d = 0,4 / 3 = 0,133$ мм), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Виконаємо розрахунок на точність пристосування. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.92]. Номінальний розмір координати розташування кондукторної втулки складає $L_k = 171,08$ мм.

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, $T_d = 0,4$ 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, $\Delta_1 = 0,04$ мм;

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо осі постійної втулки, $\Delta_2 = 0,035$ мм;

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок, $\Delta_3 = 2e = 0,01$ мм;

Δ_4 – частка похибки обробки, яка залежить від величини допуску зносу змінної втулки по напрямному діаметру, [14, табл.5.19], $\Delta_4 = 0,015$ мм.

$$T_k = 0,4 - 1 \cdot \sqrt{0^2 + 0,07^2 + 0,04^2 + 0,035^2 + 0,01^2 + 0,015^2} = 0,31 \text{ мм}$$

$$T_k \leq \pm 0,155 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_k = \pm 0,1$.

Призначаємо виконавчий розмір розташування вісі кондукторної втулки у пристосуванні:

$$\boxed{L_k} = 171,08 \pm 0,1$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту, які складають $P_0 = 780,2$ Н, крутний момент $M_{кр} = 1,98$ Нм.

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

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

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], $k_6 = 1,0$;

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

$$W = \frac{1,5 \cdot 1,98 \cdot 10^3 \cdot \sin 45^\circ}{0,16 \cdot 86,7} = 151,39 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля на штоці за формулою:

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

$$Q = 151,39 \cdot \frac{86,7}{46} = 285,34 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля затиску за формулою:

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

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

D – діаметр циліндра, мм;

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

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра:

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 285,34}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,8}} = 33,7 \text{ мм}$$

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 151,4 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

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

одинацями машини або між осями, для перевірки конфігурації, коректності положення деталей або складальних одиниць, для контролю конструктивних характеристик, які утворюються в процесі складання, для визначення експлуатаційних параметрів деталей окремих машин і технічних характеристик виробу в цілому та ін.

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

Головні вимоги до контрольно-вимірювальним пристосуванням:

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

Контрольний пристрій призначен для перевірки радіального биття зовнішньої поверхні $\varnothing 20 \pm 0,0105$ при базуванні на поверхню В, яке повинно складати не більше 0,01 мм. Ескіз контрольного пристосування зображено на рисунку 2.4.

Пристрій складається з плити 2, на яку монтується стійка 1 з електронним годинником. Деталь встановлюється у призми 5 та 6, після чого до контролюємої поверхні підводиться стійка з годинником та скидується на нуль. Далі деталь прокручують у призмах 5 та 6 та фіксують значення найбільшого та найменшого значень биття, де різниця буде дорівнювати значенню биття, яке не повинно перевищувати 0,01 мм.

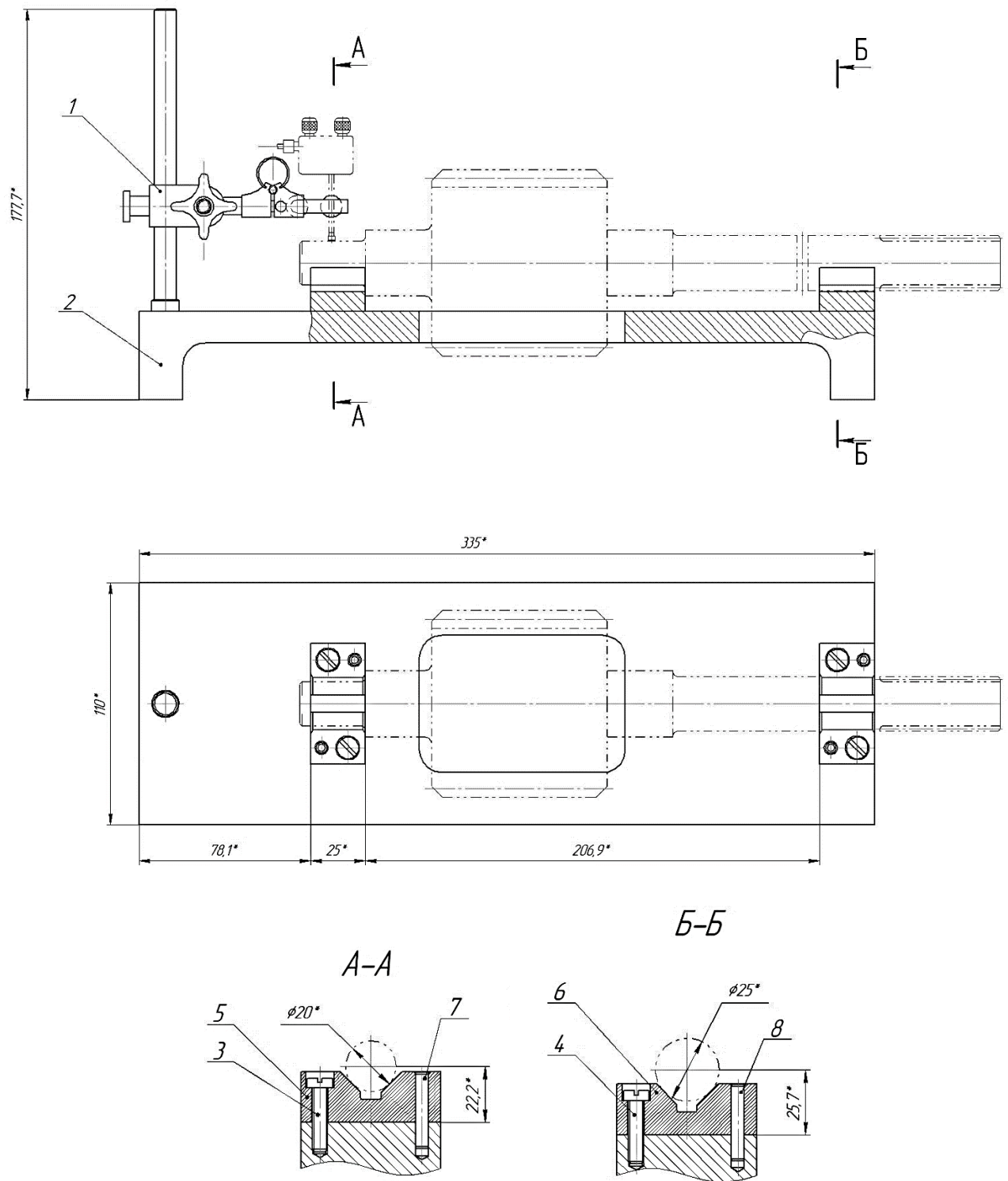


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для шпильки поз.14, яка використовується у пристосуванні для свердління.

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

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

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

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

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

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

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

Виконуємо перевірочний розрахунок у програмі ANSYS Workbench. Завантажуємо в програму 3д модель шпильки, розбиваємо її на сітку (розмірність 1 мм), прикладаємо навантаження, які діють на неї (а саме сила на штоці 628Н), та виконуємо розрахунок. Результат розрахунку показаний на рисунку 2.5-2.8.

Розрахунок показав, що значення найбільшої напруги складає 64,47 МПа.

Допустиме значення матеріалу шпильки (сталь 40Х) при розтязі-стисканні складає 120 МПа, [16, стр.200, табл..9.1].

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 64,47 = 96,71 \text{ МПа}$$

$$96,71 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа}$$

Таким чином, максимальна напруга менше за допустиму, це означає, що діаметр шпильки обрано вірно.

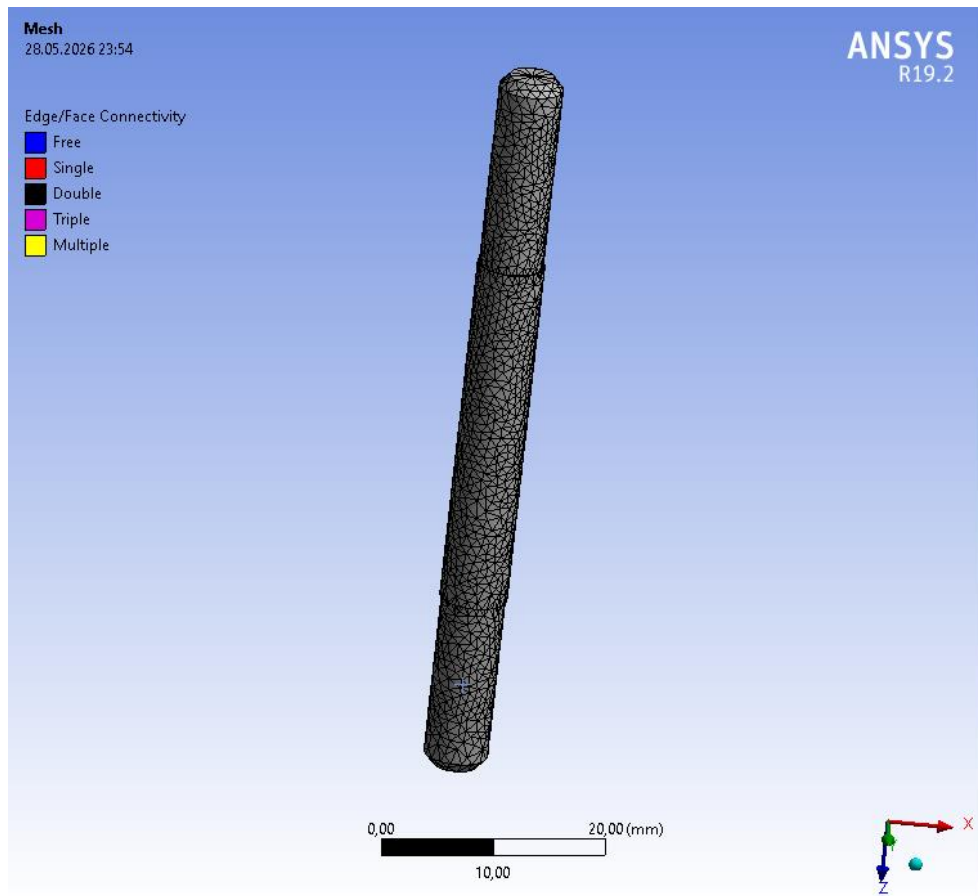


Рисунок 2.5 – Розбивання деталі на сітку

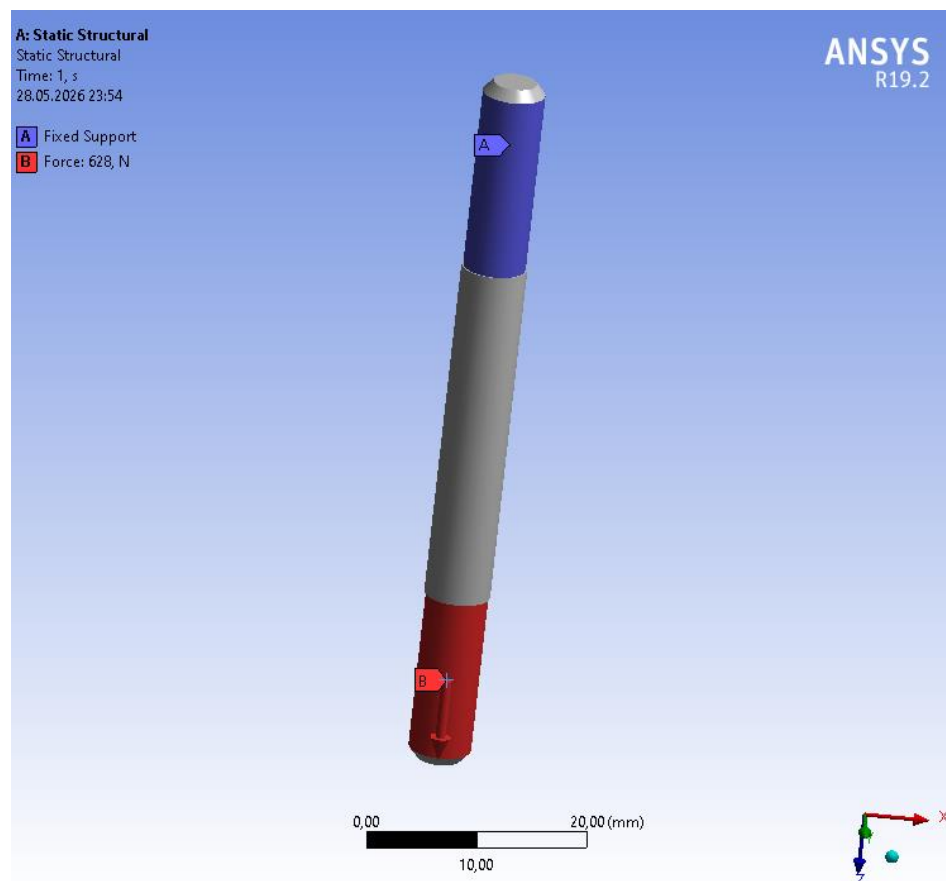


Рисунок 2.6 – Прикладання навантаження до деталі

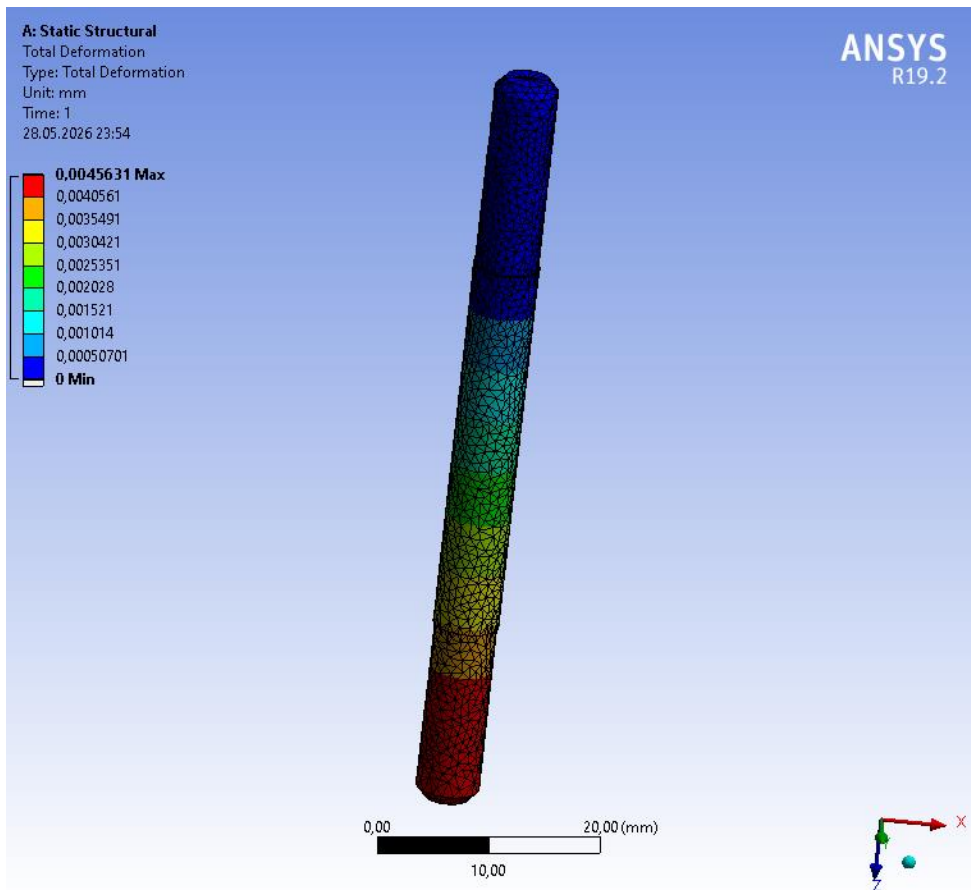


Рисунок 2.7 – Результат розрахунку по лінійному видовженню

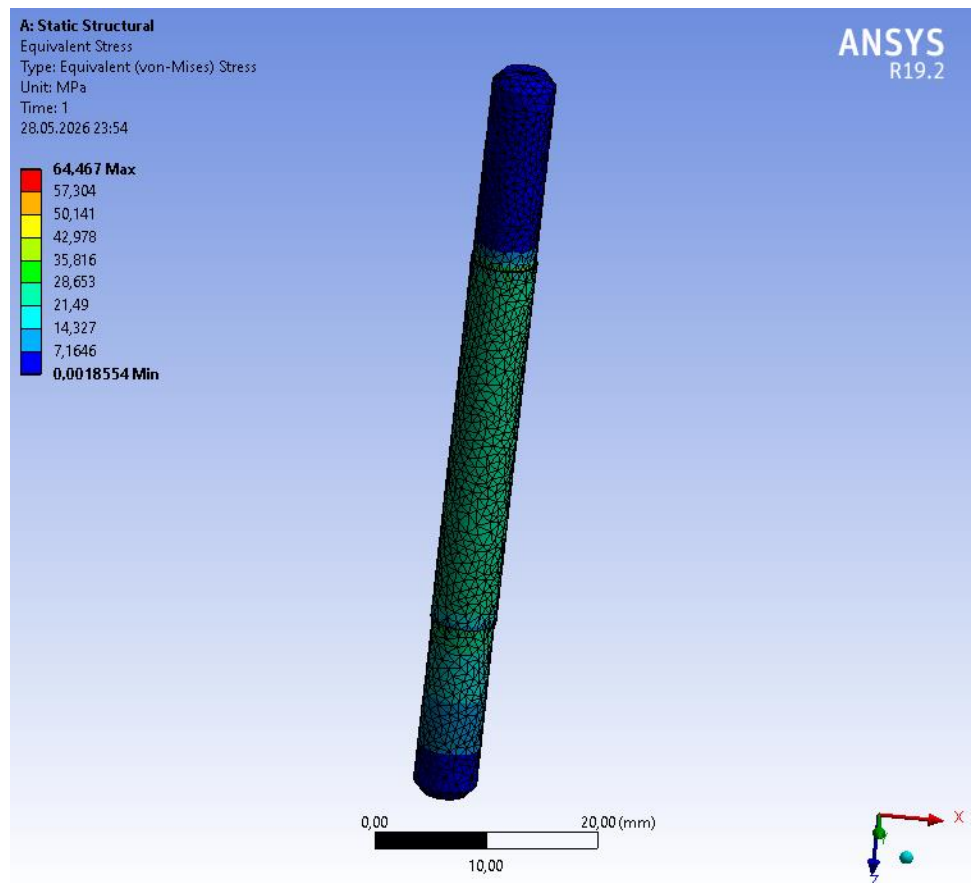


Рисунок 2.8 – Результат розрахунку по навантаженням

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 5000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На ділянці окрім деталі «Вал» виробляються наступні деталі: вал ($N = 4500$ шт), вал перехідний ($N = 3200$ шт), шестерня ($N = 3500$ шт), вал шліцьовий ($N = 3500$ шт), шестерня ведуча ($N = 4800$ шт).

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.

$$S_{P015} = \frac{169866}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 0,71, \text{ приймаємо } S_{n015} = 1 \text{ верстат}$$

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;

$$k_{3015} = \frac{0,71}{1} = 0,71$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження ділянки за формулою:

$$\bar{k}_3 = \sum S_p / \sum S_n \quad (3.3)$$

$$\bar{k}_3 = 19,51/26 = 0,75$$

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	Токарно- центрувальна	16K20	169866	0,71	1	0,71
020	Токарно- центрувальна	16K20	169866	0,71	1	0,71
025	Токарна	16K20	177932	0,74	1	0,74
030	Токарна	16K20	364578	1,52	2	0,76
040	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	356895	1,48	2	0,74
045	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	187298	0,78	1	0,78
050	Свердлильна	2H135	203207	0,85	1	0,85
055	Фрезерна з ЧПК	Kitamura Mycenter - 2XD "Sparkchanger"	425089	1,77	2	0,88
060	Зубофрезерна з ЧПК	SF200 CNC	207243	0,86	1	0,86

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
070	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	155706	0,65	1	0,65
075	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	155706	0,65	1	0,65
080	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	176215	0,73	1	0,73
085	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	294552	1,22	2	0,61
090	Зубошліфу-вальна з ЧПК	SMG405GF3	387845	1,61	2	0,81
095	Токарна з ЧПК	MAST ML 500x1000 SH8	254099	1,06	2	0,53
100	Круглошлі- фувальна	3A130	393710	1,64	2	0,82
105	Круглошлі- фувальна	3A130	191413	0,80	1	0,80
110	Круглошлі- фувальна	3A130	419405	1,74	2	0,87
	Всього:	-		19,51	26	$\overline{k_3} = 0,75$

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

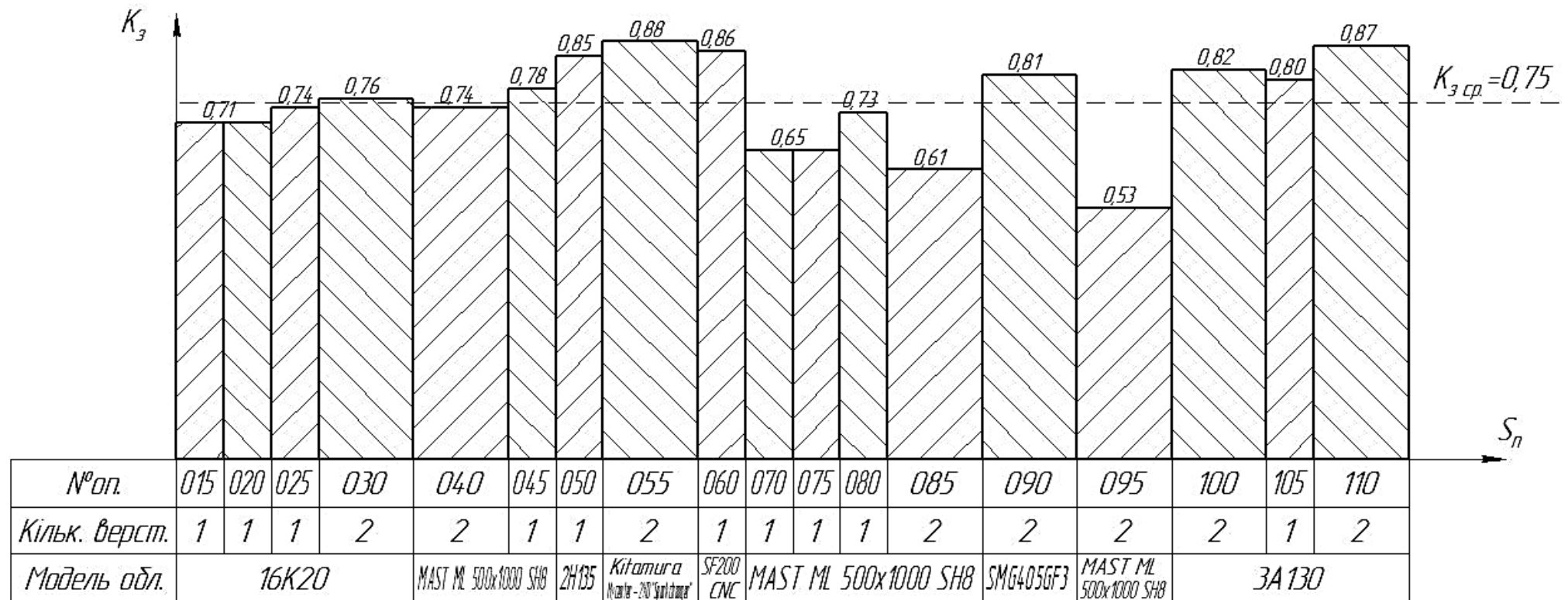


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

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.040: $2,64 \geq 1,02 + 0,2 = 1,22$ – умова виконується;

Оп.055: $2,25 \leq 1,54 + 0,2 = 1,74$ – умова виконується;

Оп.085: $0,46 \geq 0,41 + 0,2 = 0,61$ – умова не виконується;

Оп.090: $2,12 \geq 1,96 + 0,2 = 2,16$ – умова не виконується;

Оп.095: $0,39 \geq 0,27 + 0,2 = 0,47$ – 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 багатOVERстатного 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;

$$m_{s\ 040} = \frac{3,66}{1,02 + 0,2} = 3 \text{ верстата}$$

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

$$m_{s\ 055} = \frac{3,79}{1,54 + 0,2} = 2 \text{ верстата}$$

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

Оператори з ЧПК (оп.045, 060, 070, 075, 080, 085, 090, 095):

$$R_{\text{оп.ЧПК}} = \frac{1818663}{2004 \cdot 60} \approx 15 \text{ чол.}$$

Токарі (оп.015, 020, 025, 030):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{882243}{2004 \cdot 60} \approx 7 \text{ чол.}$$

Свердлильники (оп.050):

$$R_{\text{св.}} = \frac{203207}{2004 \cdot 60} \approx 2 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.100, 105, 110):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{1004528}{2004 \cdot 60} \approx 8 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці $\sum R = 34$ 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, $\Pi = 5000$ шт. (визначено у п.1.2);

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

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

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

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

де S – витрати на виготовлення пристосування, грн.

N – кількість деталей в пристосуванні, шт;

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

$$S_a = 150 \cdot 4 = 600 \text{ грн}$$

$$S_b = 75 \cdot 4 = 300 \text{ грн}$$

$$q_a = 0,2 \cdot 600 = 120 \text{ грн}$$

$$q_b = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ грн}$$

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]
 $З_{\text{хв}} = 0,848$ грн. для робітника 4-го розряду, $З_{\text{хв}} = 1,085$ грн. для робітника 5-го розряду.

$$З_a = 0,71 \cdot 0,848 = 0,602 \text{ грн}$$

$$З_b = 0,66 \cdot 1,085 = 0,72 \text{ грн.}$$

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

$$C_a = 0,602 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{600}{5000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{120}{100}\right) = 1,99 \text{ грн}$$

$$C_b = 0,72 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{300}{5000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{60}{100}\right) = 2,26 \text{ грн}$$

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:

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

$$\Pi_{\kappa} = \frac{(600 - 300) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{20}{100} \right)}{(0,72 - 0,602) \cdot \left(1 + \frac{200}{100} \right)} \approx 1017 \text{ шт.}$$

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 забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці, а саме виробничого шуму.

Слух дозволяє людині сприймати звукову інформацію. Разом з тим, насичення навколишнього простору шумами підвищеної інтенсивності може призвести до спотворення звукової інформації та порушення слухової активності людини, [18].

Найбільш небезпечний тривалий вплив інтенсивного шуму на слух людини, який може призвести до часткової або повної втрати слуху. Медична статистика показує, що приглухуватість останніми роками виходить на чільне місце у структурі професійних захворювань і немає тенденції до зниження, [18].

Сприйняття звуку людським вухом є складним процесом. Людське вухо неоднаково реагує на звуки із різними частотами. Чутливість вуха помітно зростає при частотах від 20 до 1000 Гц. Найбільшу чутливість людське вухо має в діапазоні частот від 1000 Гц до 4000 Гц, де вона практично постійна. Після частоти 4000 Гц чутливість вуха знову зменшується, [18].

Щоб оцінити рівень гучності шуму зі складним спектром одним числом, використовується стандартна частотна характеристика А, що наближається до частотної чутливості людського вуха. Корекція за шкалою А використовується для оцінки шуму на робочих місцях та шумових характеристик джерел шуму, [18].

Тривалий вплив інтенсивного шуму (понад 80 дБА) на слух людини призводить до її часткової або повної втрати. Залежно від тривалості та інтенсивності впливу шуму відбувається більше або менше зниження чутливості органів слуху, що виражається тимчасовим зміщенням порога чутності, яке зникає після закінчення впливу шуму, а при великій тривалості та (або) інтенсивності шуму відбуваються незворотні втрати слуху (глухість), що характеризуються постійним конфігурацією порогу, [18].

Розрізняють такі ступеня втрати слуху:

I ступінь (легке зниження слуху) – втрата слуху в області мовних частот становить 10 – 20 дБ, на частоті 4000 Гц – 20 – 60 дБ;

II ступінь (помірне зниження слуху) - втрата слуху в області мовних частот становить 21 - 30 дБ, на частоті 4000 Гц - 20 - 65 дБ;

III ступінь (значне зниження слуху) - втрата слуху у сфері мовних частот становить 31 дБ і більше, на частоті 4000 Гц - 20 - 78 дБ, [18].

Дія шуму на організм людини не обмежується впливом на орган слуху. Через волокна слухових нервів подразнення шумом передається в центральну та вегетативну нервові системи, а через них впливає на внутрішні органи, призводячи до значних змін у функціональному стані організму, впливає на психічний стан людини, викликаючи почуття занепокоєння та роздратування. Людина, що піддається впливу інтенсивного (понад 80 дБ) шуму, витрачає в середньому на 10 - 20% більше фізичних та нервово-психічних зусиль, щоб зберегти вироблення, досягнути їм при рівні звуку нижче 70 дБ (А). Встановлено підвищення на 10 - 15% загальної захворюваності на робочі шумні виробництва. Вплив на вегетативну нервову систему проявляється навіть при невеликих рівнях звуку (40 - 70 дБ (А)). З вегетативних реакцій найбільш вираженим є порушення периферичного кровообігу за рахунок звуження капілярів шкірного покриву та слизових оболонок, а також підвищення артеріального тиску (при рівнях звуку), [18].

Вплив шуму на центральну нервову систему викликає збільшення латентного (прихованого) періоду зорової моторної реакції, призводить до порушення рухливості нервових процесів, зміни електроенцефалографічних показників, порушує біоелектричну активність головного мозку з проявом загальних функцій, [18].

Працюючі за умов тривалого шумового впливу відчувають дратівливість, головний біль, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, біль у вухах тощо. Вплив шуму може викликати негативні зміни емоційного стану людини, аж до стресових. Все це знижує працездатність людини та її продуктивність, якість та безпеку праці. Встановлено, що з роботах, потребує

підвищеної уваги, зі збільшенням рівня звуку від 70 до 90 дБА продуктивність праці знижується на 20%, [18].

Шум негативно впливає на весь організм людини. Шуми середніх рівнів (менше 80 дБА) не викликають втрати слуху, але тим не менш чинять стомлюючий несприятливий вплив, що складається з аналогічними впливами інших шкідливих факторів і залежить від виду та характеру трудового навантаження на організм, [18].

Нормування шуму покликане запобігти порушенню слуху та зниження працездатності та продуктивності праці працюючих. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. Рівні звукового тиску згідно з ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Робітники застосовують засоби індивідуального захисту для зменшення звукового тиску під час роботи, в регламентовані перерви металообробне обладнання відключається, що значно зменшує рівень шуму, [18].

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 розробки технологічних процесів, проектуванні, виготовленні та експлуатації машин, виробничих будівель і споруд, і навіть під час організації робочих місць слід вживати всіх необхідних заходів щодо зниження шуму, що впливає людини, до значень, а чи не перевищує допустимі, [18].

Захист від шуму повинен забезпечуватись розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів та методів колективного захисту, у тому числі будівельно-акустичних, застосуванням засобів індивідуального захисту. Насамперед слід використовувати засоби колективного захисту. По відношенню до джерела порушення шуму колективні засоби захисту поділяються на кошти, що знижують шум у джерелі його виникнення, та засоби, що знижують шум на шляху його поширення від джерела до об'єкта, що захищається, [18].

Зниження шуму в джерелі здійснюється за рахунок покращення конструкції машини або зміни технологічного процесу. Кошти, що знижують шум у джерелі його виникнення залежно від характеру шумоутворення поділяються на кошти, що

знижують шум механічного походження, аеродинамічного та гідродинамічного походження, електромагнітного походження, [18].

Методи та засоби колективного захисту в залежності від способу реалізації поділяються на будівельно-акустичні, архітектурно-планувальні та організаційно-технічні та включають:

- зміна спрямованості випромінювання шуму;
- раціональне планування підприємств та виробничих приміщень;
- акустичну обробку приміщень;
- застосування звукоізоляції, [18].

До архітектурно-планувальних рішень також належить створення санітарно-захисних зон навколо підприємств. У міру збільшення відстані джерела рівень шуму зменшується. Тому створення санітарно-захисної зони необхідної ширини є найпростішим способом забезпечення санітарно-гігієнічних норм навколо підприємств, [18].

Вибір ширини санітарно-захисної зони залежить від встановленого обладнання, наприклад, ширина санітарно-захисної зони навколо великих ТЕС може становити кілька кілометрів. Для об'єктів, що знаходяться у межах міста, створення такої санітарно-захисної зони часом стає нерозв'язним завданням. Скоротити ширину санітарно-захисної зони можна зменшенням шуму шляхах його поширення, [18].

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) застосовуються у тому випадку, якщо іншими способами забезпечити допустимий рівень шуму на робочому місці не вдається, [18].

Принцип дії ЗІЗ – захистити Найбільш чутливий канал впливу шуму на організм людини – вухо. Застосування ЗІЗ дозволяє запобігти розладу не тільки органів слуху, а й нервової системи від дії надмірного подразника, [18].

Найефективніші ЗІЗ, зазвичай, у сфері високих частот, [18].

ЗІЗ включають протишумні вкладиші (беруші), навушники, шоломи і каски, спеціальні костюми, [18].

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. Рівні звукового тиску згідно з ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Робітники застосовують засоби індивідуального захисту для зменшення звукового тиску під час роботи, в регламентовані перерви металообробне обладнання відключається, що значно зменшує рівень шуму, [18].

ВИСНОВКИ

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

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

Для свердління отвору було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю радіального биття спроєктовано контрольне пристосування.

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

На технологічний процес виготовлення деталі «вал» 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: 2 т. Т. 1. / [під ред. А.Г.Косілової, Р.К.Мещерякова]. - М.: Машинобудування, 1985. - 694 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника: 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. В.А. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» -Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 461 с.

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

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

16. 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. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці. Навч. Посіб. 2-ге вид. – К.: Центр учбової літератури, 2019. – 280 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

ДОДАТОК Б
Керуюча програма

```

$$UDE: HEADER/ZEICHNUNGS-NR.=TESTTEIL,ZEICH-AEND-INDEX=I
00,WERKSTOFF=1.7380,BENENNUNG=TEST,ROHTEIL=RD 420 X 329,TEILE-NR.=5102,MATER
IAL-NR.
TOOL PATH/FINISH_TURN,TOOL,OD_55_L
TLDDATA/TURN,LEFT,OUTSIDE,MCSZ,1.6000,4.0000,5.0000,5.0000,150.0000,270.0000
MSYS/-319.0000,0.0000,0.0000,0.0000000,0.0000000,-
1.0000000,1.0000000,0.0000000,0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,10
PAINT/COLOR,186
FROM/11.5000,0.0000,20.0000,1.0000000,0.0000000,0.0000000
TURRET/FACE,0,ADJUST,1,XOFF,0.0000,YOFF,0.0000
RAPID
GOTO/11.5000,0.0000,0.0000
PAINT/COLOR,211
RAPID
GOTO/11.1621,0.0000,0.5657
PAINT/COLOR,42
FEDRAT/MMPR,0.1000
GOTO/10.5964,0.0000,0.0000
PAINT/COLOR,31
CIRCLE/10.5964,0.0000,-1.0500,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0500,0.0600,0.5000,1.6000,4.0000
GOTO/11.3389,0.0000,-0.3075
GOTO/12.1925,0.0000,-1.1611
CIRCLE/11.4500,0.0000,-1.9036,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0500,0.0600,0.5000,1.6000,4.0000
GOTO/12.5000,0.0000,-1.9036
GOTO/12.5000,0.0000,-147.8000
CIRCLE/13.7000,0.0000,-
147.8000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,1.2000,0.0600,0.5000,1.6000,4.0000
GOTO/13.7000,0.0000,-149.0000
GOTO/13.9500,0.0000,-149.0000
CIRCLE/13.9500,0.0000,-150.0500,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0500,0.0600,0.5000,1.6000,4.0000
GOTO/15.0000,0.0000,-150.0500
GOTO/15.0000,0.0000,-179.0000
GOTO/36.5964,0.0000,-179.0000
CIRCLE/36.5964,0.0000,-180.0500,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0500,0.0600,0.5000,1.6000,4.0000
GOTO/37.3389,0.0000,-179.3075
GOTO/42.1925,0.0000,-184.1611
CIRCLE/41.4500,0.0000,-184.9036,0.0000000,-
1.0000000,0.0000000,1.0500,0.0600,0.5000,1.6000,4.0000
GOTO/42.5000,0.0000,-184.9032
PAINT/COLOR,37
GOTO/43.3000,0.0000,-184.9029
PAINT/COLOR,211

```

RAPID

GOTO/37.5000,0.0000,-179.0000

PAINT/COLOR,186

GOHOME/49.2752,0.0000,-178.0809

PAINT/SPEED,10

PAINT/TOOL,NOMORE

END-OF-PATH

Распечатка траектории содержит 47 строк.

ДОДАТОК В
Технологічні карти

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

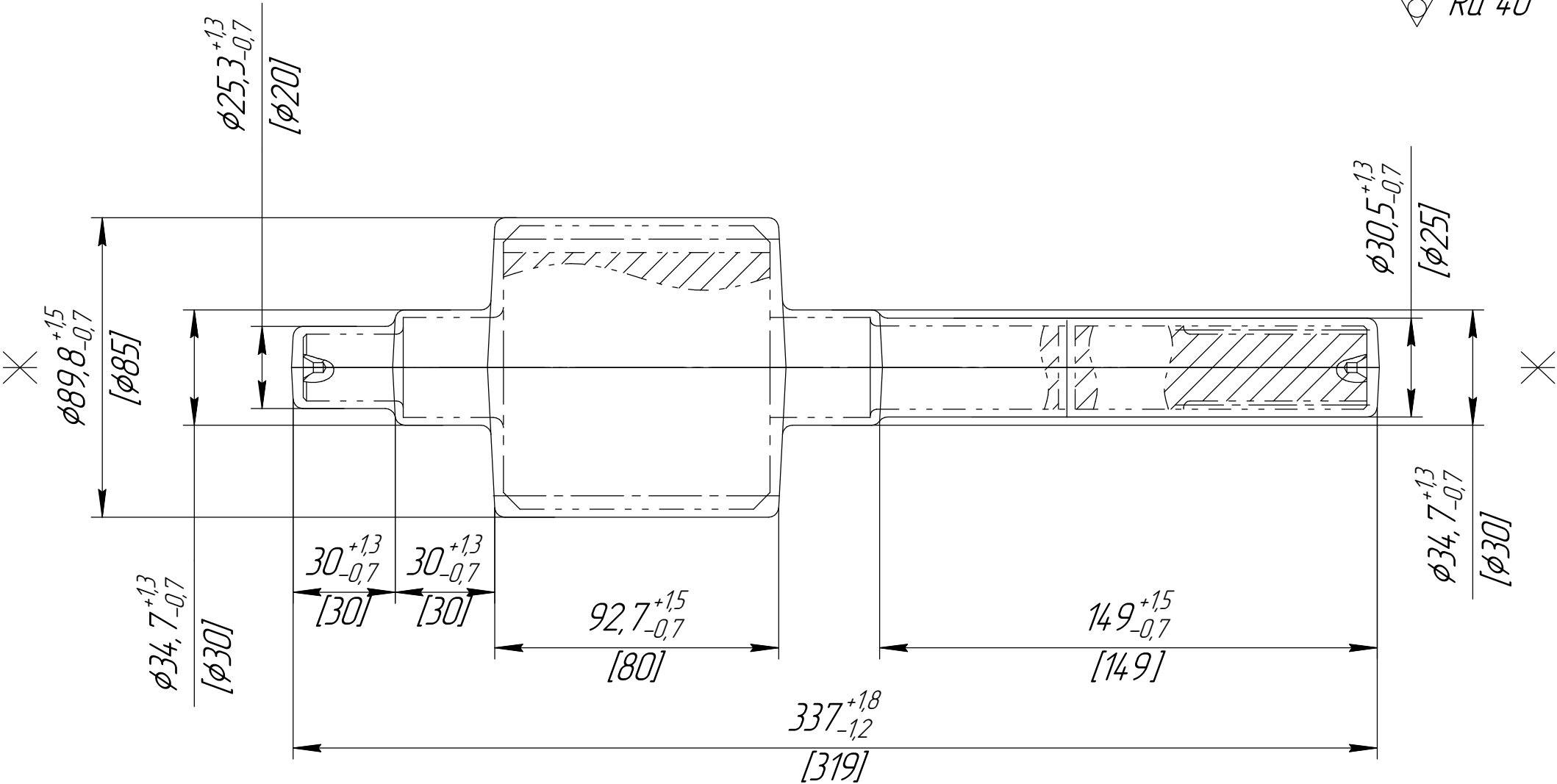
[illegible]

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

							НУЗП 0214.1.015			2
--	--	--	--	--	--	--	-----------------	--	--	---

										НУЗП 71524.1.015		005
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	-----

✓ Ra 40



KE			
----	--	--	--

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.015

1

1

Розроб. Стадник А.В.

НУЗП

НУЗП 71524.1.015

М-112.2014.1.00015

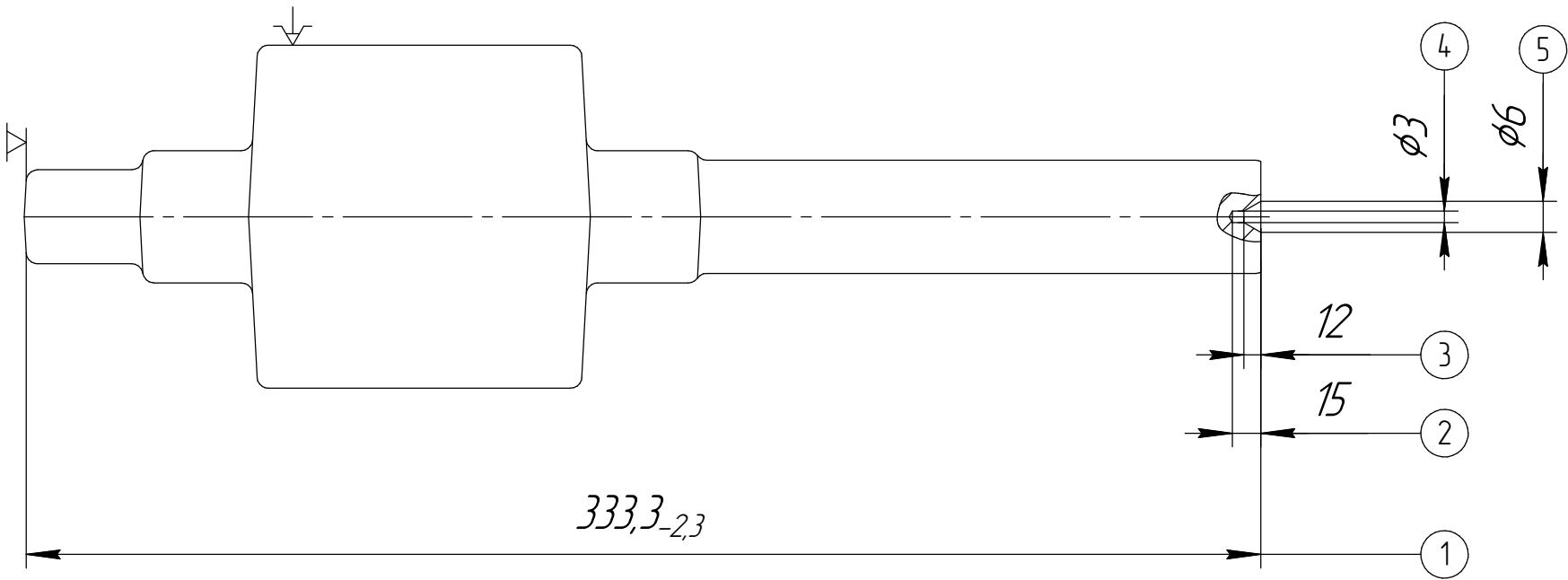
Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Вал

015

$\nabla Ra 6,3$



* – Розміри для довідок

KE

--	--	--	--	--

[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.015

1

1

Розроб.	Стадник А.В.		
Перевір.	Вишнепольський Є.В.		
Н. контр.	Дядя С.І.		

НУЗП

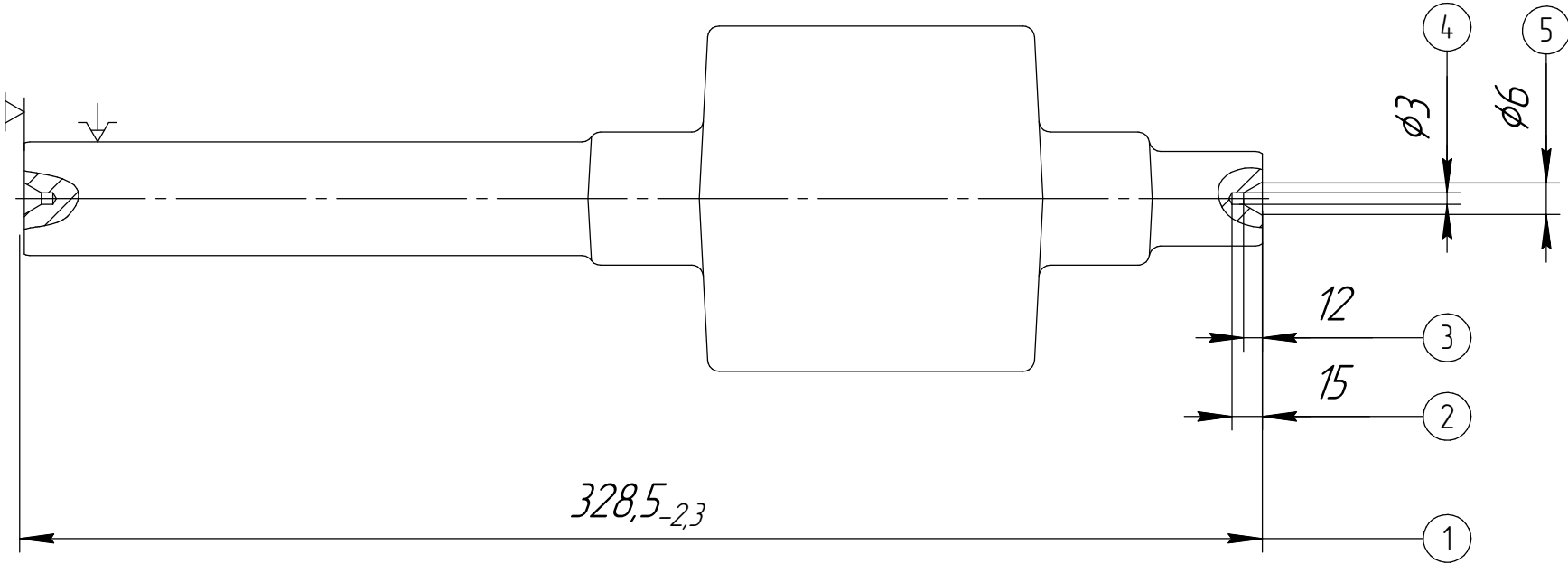
НУЗП 71524.1.015

М-112.2014.1.00020

Вал

020

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



* – Розміри для довідок

KE

--	--	--	--

[illegible]

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.015

1

1

Розроб. Стадник А.В.

НУЗП

НУЗП 71524.1.015

М-112.2014.1.00050

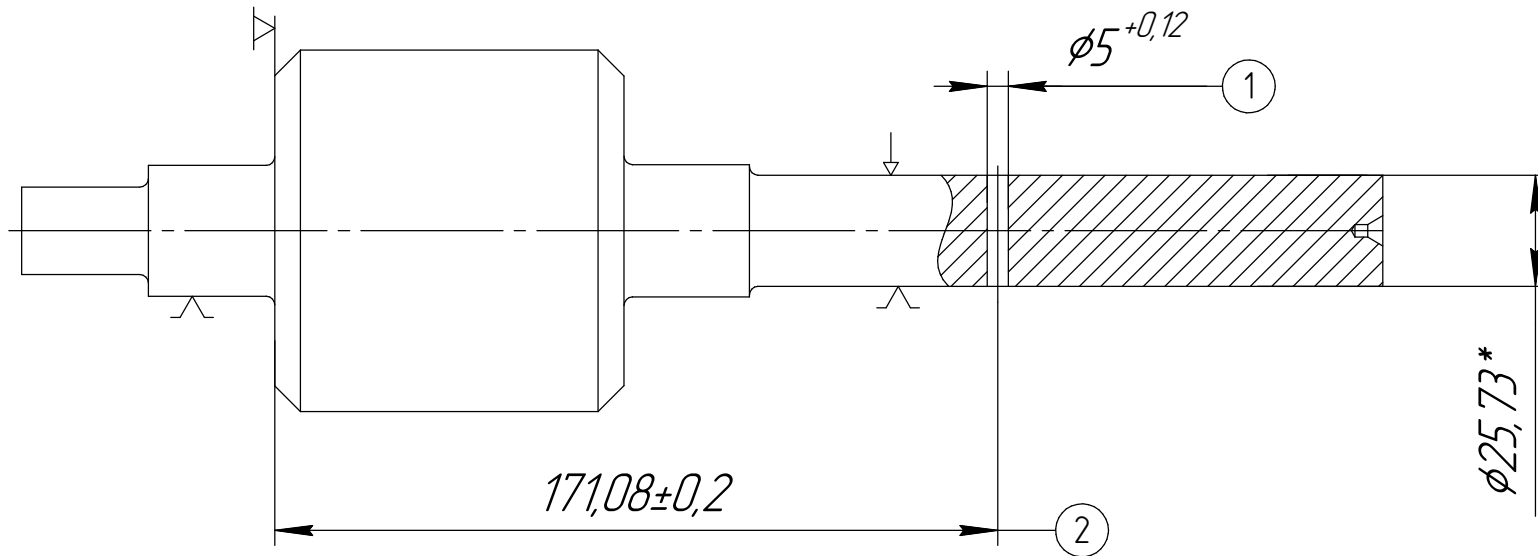
Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Вал

050

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



* – Розміри для довідок

KE

--	--	--	--	--

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.015

1

1

Розроб. Стадник А.В.

НУЗП

НУЗП 71524.1.015

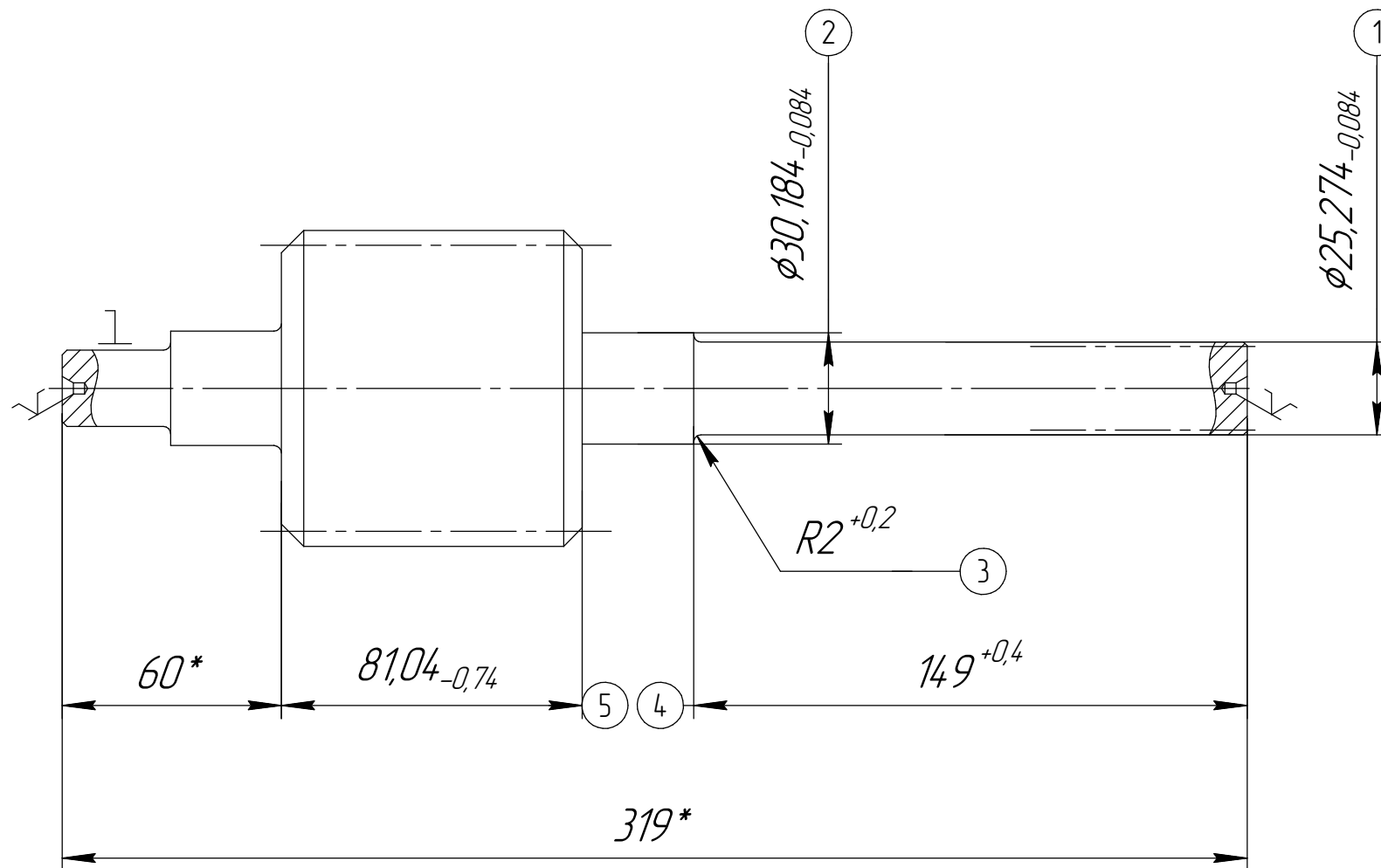
М-112.2014.1.00080

Перевір. Вишнепольський Є.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Вал

080



$\nabla Ra 3,2$

* – Розміри для довідок

KE

[illegible]

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.015

1

1

Розроб.	Стадник А.В.		
Перевір.	Вишнепольський Є.В.		
Н. контр.	Дядя С.І.		

НУЗП

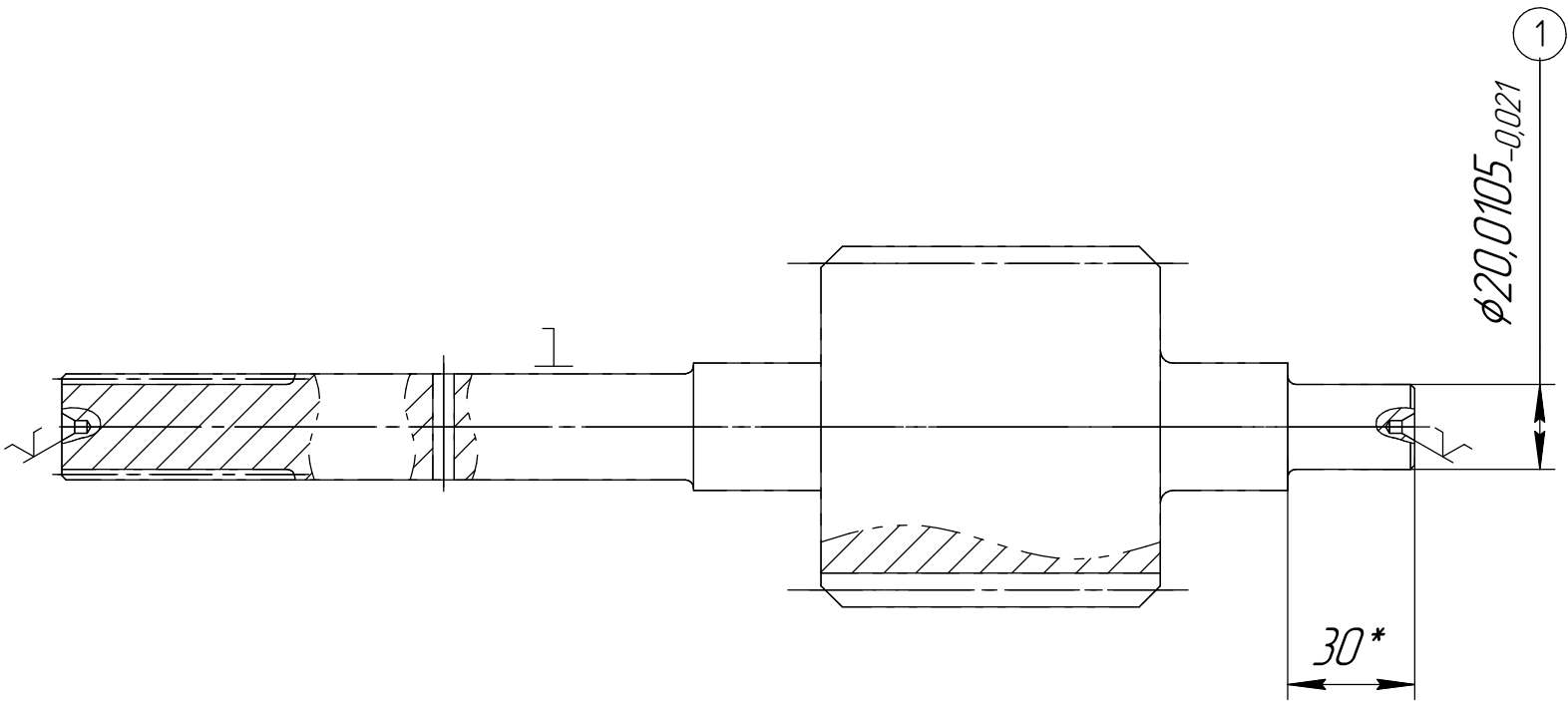
НУЗП 71524.1.015

М-112.2014.1.00105

Вал

105

$\sqrt{Ra\ 0,80}$



* – Розміри для довідок

KE

--	--	--	--	--

[illegible]