

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

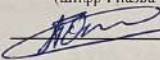
1

Бакалаврська дипломна робота

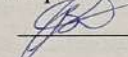
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «Диск П1»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Олексій ПАПУШОЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ

 Віктор САВУЛЯК
(прізвище та ініціали)

« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ

 Кашканов В.А.
(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри _____

« 07 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»
Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 11 » 03 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Папушою Олексію В'ячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Диск П1»

Керівник роботи Савуляк Віктор Валерійович, к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 11 » 03 2023 року №80

2. Термін подання студентом роботи 14.06.24р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Диск П1

Матеріал: Сталь 445 ГОСТ 4543-71, Програма випуску: 4500 шт.

4. Зміст текстової частини

вступ, анотації, визначення типу виробництва і форми організації роботи;

аналіз конструкції і технологічності деталі;

вибір способу виготовлення заготовки;

розробка маршруту механічної обробки;

розрахунок елементів дільниці механічної обробки;

охорона праці; список використаних джерел

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу;

карта налагоджень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Савуляк В.В., доцент кафедри ТАМ	11.03.24р	06.06.24р
Охорона праці	Віштак І.В., доцент кафедри БЖД ПБ	27.05.24р	06.06.24р

7. Дата видачі завдання «11» 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Приміт
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	Вик
	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	Вик
	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24р	29.05.24р	Вик
	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24р	06.06.24р	Вик.
	Перевірка на антиплагіат	06.06.24р	07.06.24р	Вик
	Попередній захист БДР	06.06.24р	07.06.24р	Вик
	Нормоконтроль БДР	10.06.24р	11.06.24р	Вик
	Рецензування БДР	11.06.24р	12.06.24р	Вик.
	Захист БДР	18.06.24р.	21.06.24р.	Вик

Студент Папушой О.В.Керівник роботи Савуляк В.В.

ЗМІСТ

Анотація.....	4
Abstract.....	5
Вступ	6
1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	11
3 Вибір способу виготовлення заготовки	13
3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	13
3.2 Розрахунок розмірів для обох способів виготовлення заготовки	17
3.3 Оформлення ескізів обох варіантів виготовлення заготовки	20
3.4 Розрахунок маси і коефіцієнту використання матеріалу	21
3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовок та вибір найраціональнішого	22
4 Розробка маршруту механічної обробки	24
4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	24
4.2 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки	24
4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз	26
4.4 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування.....	28
4.5 Розмірний аналіз технологічного процес	30
4.6 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	35
4.7 Визначення режимів різання при різних методах обробки для двох поверхонь	39
4.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	46
5 Проектування дільниці механічної обробки	49
5.1 Розрахунок проведеної програми	49
5.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	51
5.3 Розрахунок кількості робітників на дільниці	53
6 Охорона праці.....	55
Висновок.....	63
Перелік посилань	64
Додатки	65

Анотація

Бакалаврська дипломна робота складається з 75 сторінок формату А4, на яких є 13 рисунків, 26 таблиць, список використаних джерел містить 15 найменувань.

Метою даною бакалаврської кваліфікаційної роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Диск П1».

В роботі представлений аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний метод отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, проведені розрахунки припусків на обробку, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу.

У графічній частині представлено робоче креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі та схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: фланець, маршрут механічної обробки, штампування КГШП, розмірний аналіз, приведена програма.

Abstract

The bachelor's thesis consists of 75 A4 pages, which have 13 figures, 26 tables, the list of sources used contains 15 items.

The purpose of the work is designing of the technological process of mechanical machining of a part «Disc P1».

The paper presents an analysis of the manufacturability of the design of the part, the selected method of obtaining the workpiece taking into account the technical and economic comparison of options, calculations of processing allowances, designed process, performed dimensional analysis of the process.

The graphic part presents a working drawing of the part, the workpiece, a graphical representation of the route of machining of the part and a diagram with tables explaining the dimensional analysis of the technological process.

In the chapter of labour protection such questions are processed as the reasons of occurrence, influence on a human organism and rationing of harmful and dangerous production factors in a production facility; a map of working conditions; recommendations on improvement of working conditions, and also the norms of fire safety are considered.

Keywords: flange, machining route, die casting, dimensional analysis, program of production.

ВСТУП

Актуальність роботи. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей машин є одним із найважливіших етапів, пов'язаних із виробництвом у машинобудівній промисловості. Останні роки ознаменувалися значними змінами у технології механічної обробки. Інтенсифікація процесів завдяки використанню нових інструментальних матеріалів для ріжучих інструментів, розширення застосування верстатів з ЧПК, створення роботизованих верстатних комплексів дозволяють підвищити точність обробки, скоротити витрати часу та знизити собівартість продукції машинобудування.

Використання прогресивних підходів і рішень у побудові технологічного процесу забезпечує отримання якісної продукції, високу продуктивність праці та низьку собівартість виробів. Засоби автоматизації роблять роботу підприємства більш ефективною.

Мета роботи. Метою бакалаврської роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу “Диск П1”.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні задачі:

- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- спроектувати маршрут механічної обробки деталі;
- провести розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати аналітичним способом припуски на вказану поверхню;

- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці; $\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Диск П1” і занесені до таблиці 1.1, це точіння циліндричних поверхонь : $\varnothing 157$, $\varnothing 110h8$, $\varnothing 80Js7$, фрезерування 4 пазів 20, підрізання торцю $\varnothing 157$.

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, для кожного переходу формули для розрахунку записані в таблицю 1.1 Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K \quad [хв] \quad (1.2)$$

де φ_K – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, [шт.] \quad (1.3)$$

де $N = 4500$ шт. – річна програма випуску деталі “Диск П1”; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2040$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Наприклад, при точінні поверхні Ø157 отримаємо:

$$C_{pi} = \frac{4500 \cdot 0,273}{60 \cdot 2040 \cdot 0.8} = 0.013 \text{ (шт.)}$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів Р (по одному верстату на кожне робоче місце).

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (1.4)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції; P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці визначаються:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (1.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання; $\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 61,54 + 66,67 + 28,57 + 1,2 + 80 + 27,59 + 6,45 + 23,53 + 10,13 = 305,68$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 9$. Відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о}$:

$$K_{3,0}=305,68/9=33,96$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1. Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – середньо серійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то поточкову лінію використовувати недоцільно.

$$N_d = \frac{N}{254} [\text{шт.}], \quad (1.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (1.7)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,27+0,26+0,6+14,44+0,23+0,63+2,7+0,73+1,73)/9 = 2,4 (\text{хв.})$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{2,4 \cdot 0,8} = 495,8 (\text{шт.})$$

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних пере- ходів	T _{осн} , хв	φ _к	T _{шт.к.} , хв	C _p	P	η _{з.ф.}	O	K _{з.о.}
1	Точити поверхню Ø157 однократно	0,21	1,3	0,27	0,013	1	0,013	61,54	33,96
2	Точити поверхню Ø110h8 начорно	0,198	1,3	0,26	0,012	1	0,012	66,67	
3	Точити поверхню Ø110h8 напівчисто	0,462	1,3	0,6	0,028	1	0,028	28,57	
4	Шліфувати поверхню Ø110h8 однократно	9,5	1,52	14,44	0,664	1	0,664	1,2	
5	Розточити поверхню Ø80Js7 начорно	0,174	1,3	0,23	0,01	1	0,01	80	
6	Розточити поверхню Ø80Js7 напівчисто	0,486	1,3	0,63	0,029	1	0,029	27,59	
7	Шліфувати поверхню Ø80Js7 однократно	1,74	1,55	2,7	0,124	1	0,124	6,45	
8	Фрезерувати 4 пази 20	0,544	1,35	0,73	0,034	1	0,034	23,53	
9	Підрізати торець Ø157	1,33	1,3	1,73	0,079	1	0,079	10,13	
10	Всього	14,644		21,59		9		305,68	

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{4500}{254} = 17,78 \approx 18 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} [\text{шт.}], \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (4 дні).

$$n = \frac{4500 \cdot 4}{254} = 71 \quad (\text{шт.})$$

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 71 шт.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

2.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Диск П1» виготовляється зі сталі 45 ГОСТ 1050-88 (рисунок 2.1). Заготовкою деталі може призначатися виливок або штамповка.

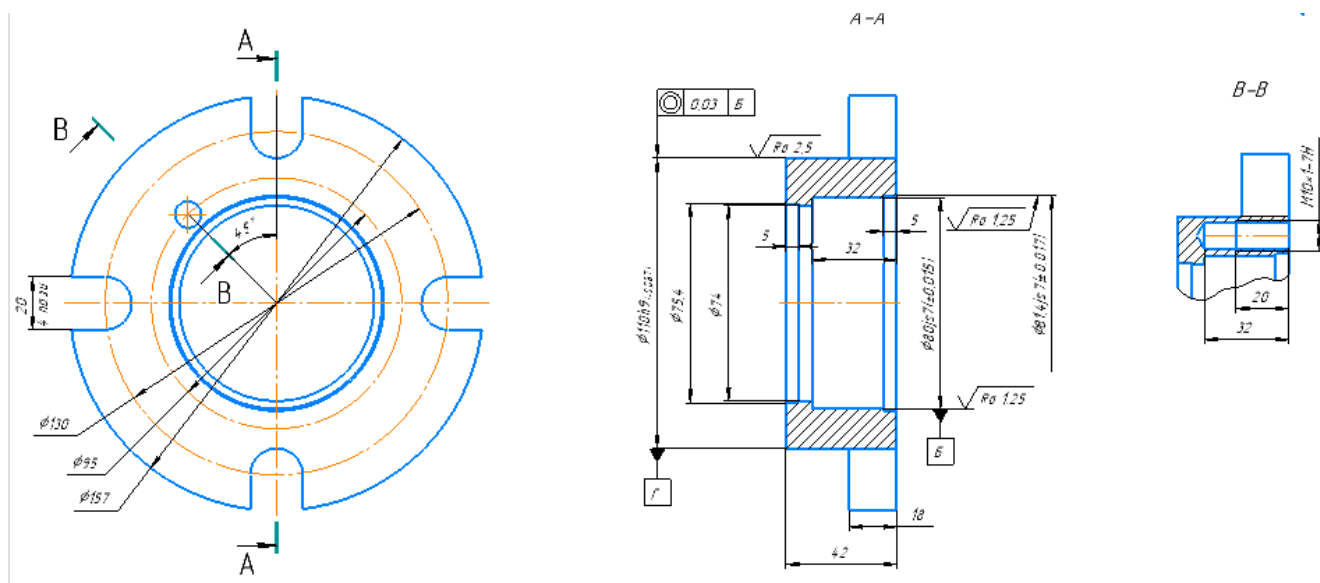


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі "Диск П1"

Дана деталь – це тіло обертання, тому одним із найраціональніших способів її обробки є технологічні переходи типу точіння, розточування, шліфування та ін. із встановленням до токарного патрону по зовнішнім поверхням, або на циліндричній оправці на одному із основних отворів. Ці поверхні достатні по розмірам та відстаням для здійснення такого базування, та відповідають зручності встановлення.

Доступ інструменту до всіх обробних поверхонь вільний. Є можливість, без зайвих укладень, проконтролювати всі розміри поверхонь, які досягаються в процесі обробки. Деталь складається зі стандартних та уніфікованих елементів, які можна отримати, як на універсальних верстатах, так і а верстатах з ЧПК. Отримання загальної шорсткості Ra 6,3 не створює труднощів.

До нетехнологічних ознак відносяться: отвори $\varnothing 80/s7$, $\varnothing 81,4/s7$, а також поверхня $\varnothing 110h9$ обробляються за декілька переходів; метрична різь М10, що отримується в глухому отворі. Всі поверхні деталі підлягають механічній обробці щонайменше по 14 квалітету

В цілому деталь можна вважати технологічною.

Властивості матеріалу наведені в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад Сталі 45 ГОСТ 1050-88,%

C,%	Si,%	Mn,%	Ni,%	Cr, %	P,%	S,%
					Не більше	
0,4-0,45	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,1	До 0,25	0,045	0,045

Таблиця 2.2 - Механічні властивості Сталі 45 ГОСТ 1050-88,%

Твердість, НВ	σ_b , МПа (кгс/мм ²)	σ_t , МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %
197(відпалена)	610 (61)	360 (36)	16	30

2.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Технологічність деталі будемо оцінювати кількісно за допомогою показників уніфікації, шорсткості і точності.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = 46/50 = 0,92 > 0,6.$$

Таблиця 2.3 – Лінійні, діаметральні, різьові розміри

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь
42*	Ø157	45°*	6.3 (24)*	M10*
18*	Ø130*		1,25 (2)*	
12*	Ø110h9*		2,5(1)*	
32*	Ø75.4			
5* (2)	Ø81.4			
7,5*	Ø80Js7*			
20 (5)*	Ø95*			
	Ø74			
$\Sigma_{\text{заг.}} = 12$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 9$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 1$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 27$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 1$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 12$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 5$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 1$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 27$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 1$

Отже, за показником уніфікації деталей є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1/\text{Ш}_{\text{ср}} ; \quad (2.2)$$

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{n_i} \text{ [мкм] } , \quad (2.3)$$

де Ш_i – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю Ш_i . Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.4.

Відповідно до наведених даних отримаємо:

$$\text{Ш}_c = 156,2/27 = 5,92 \text{ (мкм)}$$

$$K_{\text{ш}} = 1/5,92 = 0,17 < 0,32.$$

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	2 (80Js7, 81,4Js7)	$1,25 \cdot 2 = 2,5$
2,5	110h9	$2,5 \cdot 1 = 2,5$
6,3	24 (решта поверхонь)	$6,3 \cdot 24 = 151,2$
Всього:	26	156,2

Отже, за показником шорсткості деталь є також технологічною.

3) Коефіцієнт точності визначається за даними таблиці 2.5 і формулами (2.4-2.5)

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\text{сер}}} \quad (2.4)$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.5)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру;

n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i .

Таблиця 2.5 – Дані для визначення коефіцієнта точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
7	2 (80Js7, 81,4Js7,)	$7 \cdot 2 = 14$
9	1 (110h9)	$9 \cdot 1 = 9$
14	24	$14 \cdot 24 = 336$
Всього	26	359

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 359/27 = 13.3$$

$$K_T = 1 - 1/13.3 = 0,925$$

За показником точності деталь є також технологічною.

Отже, деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

3 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

3.1 Якісний аналіз способів виготовлення заготовок

Користуючись наближеним способом вибору серійності виробництва визначаємо серійність виробництва. За нашими даним річна програма випуску деталі становить 4500 шт/рік маса деталі становить 2,7 кг користуючись таблицею орієнтованих даних для вибору серійності виробництва визначаємо тип виробництва середньосерійне.

Проведемо якісний аналіз способів виготовлення деталі (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Якісний аналіз способів виготовлення заготовки

Спосіб	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
1	2	3	4	5
Кування	Кування – вид гарячої обробки металів тиском, при якому метал деформується за допомогою універсального інструменту. Нагріту заготовку укладають на нижній бойок і універсальним інструментом – верхнім бойком – послідовно деформують на окремих ділянках заготовки. Метал вільно тече в сторони, не обмежені робочими поверхнями інструменту, у якості якого застосовують плоскі чи фігурні (вирізні) бойки, а також різний підкладний інструмент.	Готові поковки мають різні форми та масу: від кількох грамів до 300 т і більше	У процесі виготовлення повок відходи становлять 25-30% маси заготовки, із них 2-3% – це окалина, яка утворилася за одне нагрівання заготовки. Чим складніша форма заготовки, тим більше разів її нагрівають.	Кування є єдиним можливим способом виготовлення важких повок (до 250 т і більше) типу валів гідрогенераторів, турбінних дисків, колінчастих валів суднових двигунів, валків прокатних станів і т.д. Поковки меншої маси (десятки і сотні кілограмів) можна виготовляти і куванням, і штампуванням. Хоча штампування має ряд переваг перед куванням, в одиничному і дрібносерійному виробництві кування, зазвичай, доцільніше.

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Гаряче штампування на молотах	називається процес одержання поковок за допомогою спеціальної оснастки — штампів . Молотовий штамп являє собою два сталевих бойка (матриця і пуансон), що мають в площині роз'єму виїмки, які відповідають конфігурації деталі. Під дією сили удару молота або тиску преса нагріта заготовка деформується і заповнює порожнину штампа. В результаті штампування одержують деталь, що за формою і розмірами відповідає формі і розмірам штампу.	невеликі вимоги до фаховості працівників; отримані вироби (штамповки) мають менший припуск на оброблення різанням (у 3-4 рази); точніша форма штамповок; вища продуктивність (у 50-100 разів) тощо.	Обмеженість маси штамповок (0,3-100 кг, у деяких випадках – до 1,5 т); кожна нова штамповка потребує виготовлення нового штампа (вартість штампів дуже велика і вони придатні лише для даного виробу-штамповки).	Використовують для виготовлення заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа, для виготовлення Зубчасті колеса, важелі, перемикачі чашки, ступиці
Штампкування ГKM	Штампкування на ГKM здійснюється в штампах із двома площинами рознімання, що складаються з трьох частин: нерухомої і рухомої матриць та пуансона. Подвійний роз'єм штампів дає можливість штампувати більшість поковок без штампувальних нахилів і облою.	ГKM виготовляють із зусиллям на головному повзуні 5...31,5 МН; на них можна обробляти прутки діаметром до 270 мм.	Вартість обладнання значно вища і воно менш універсальні, ніж молоти і преси	Призначені для штампування висаджуванням деталей, що не вимагають штампування по всій довжині а також для прошивання .
Гаряче штампування на механічних пресах	найбільш прогресивний метод об'ємного штампування. Такі преси з зусиллям 6,3...100 МН використовують для одержання поковок різної форми із сортового чи періодичного прокату у відкритих і закритих штампах, у тому числі видавлюванням.	Висока продуктивність, вища точність поковок порівняно із штампуванням на молотах, зменшені штампувальні нахили.	Потрібно точно визначати масу заготовок; заготовки не повинні мати окалини; не можна застосовувати протяжний і підкатний рівчаки; висока вартість пресів в порівнянні з молотами.	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа. Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, порожнисті корпуси

Провівши порівняльну характеристику даних методів вибираємо два способи штампування: штампування на ГKM та Гаряче штампування на механічних пресах

зокрема з використанням КГШП.

Таблиця 3.2 – Порівняння способів виготовлення заготовки

Спосіб виготовлення поковки	Гаряче штампування на механічних пресах	Штампування на ГKM
Тип виробництва	С,М	С, М
Матеріал поковок, штамповок	Сталі, кольорові метали	Сталі, кольорові метали
Маса поковок, кг	0,1... 1000	0,5... 100
Припуски на сторону, мм	0,5...3.0	1,5...3,25
Штампувальні нахили, град.	3...7	В матрицях 1...7, в пуансоні 0,25...2,0
Точність, що досягається, квалітет	13... 17	13... 17
Шорсткість поверхні R_a , мкм	160...20	160...20
Орієнтовні розміри партії, шт.	Для важких заготовок 2500... 3000, для середніх, дрібних 4000... 10000	Стійкість до повного зношування матриць 24000...64000, пуансонів 3000... 11000
Відносна собівартість, %	86... 100	70... 75
Технологічні особливості	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа	Симетричні та асиметричні стрижні із суцільними і поли ми головками фланцями
Область застосування	Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, порожнисті корпуси	Кільця, гайки, втулки, вали з фланцями

Проаналізувавши дані таблиці 3.2 можемо зробити висновок що більш доцільним є використання штампування на КГШП. Для точного визначення ефективності застосування способу проведемо розрахунок розмірів заготовки та умовної собівартості її виготовлення.

3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів виготовлення поковок

Розрахунок параметрів заготовки для обох способів виготовлення ведемо за [3,4]. Основні показники точності зведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір норм точності штампованих заготовок

Вихідні дані норми точності	Штамповка на ГKM		Штамповка на КГШП	
	ГОСТ 7505-89	Прийнято	ГОСТ 7505-89	Прийнято
Клас точності	T4-T5	T5	T2-T3	T3
Марка матеріалу	M2	M2	M2	M2
Ступінь складності	C2	C2	C2	C2
Індекс	15	15	11	11
Конфігурація поверхні роз'єднання штапу	П	П	П	П

Таблиця 3.4 – Розрахунок розмірів для штампування на ГKM

	Розрахункові розміри					
	Ø157	Ø110h9	Ø80Js7	32	18	42
Основний припуск	2,5	2,7	2,5	2,5	2	2,5
Зміщення по поверхні	-	0,3	0,3	0,3	-	0,3
Вигнутості	-	-	-	0,5	-	0,5
	Розміри заготовки					
	Ø162	Ø116	Ø74,4	32	23,3	48,6
Допуски розмірів	$4,0^{+2,7}_{-1,3}$	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$3,2^{+1,1}_{-2,1}$	$3,2^{+1,1}_{-2,1}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$
На зміщення по поверхні роз'єднання	0,8					
По вигнутості	1,0					
Радіусів заокруглень	2,0					
Величини облою	1,0					
Висота облою	5,0					
Від концентричності	1,5					

Таблиця 3.5 – Розрахунок розмірів для штампування на КГШП

	Розрахункові розміри					
	Ø157	Ø110h9	Ø80Js7	32	18	42
Основний припуск	1,7	1,9	1,8	1,6	1,5	1,6
Зміщення по поверхні	-	0,4	0,4	0,4	-	0,4
Вигнутості	-	-	-	0,3	-	0,3
	Розміри заготовки					
	Ø 160,4	Ø 114,6	Ø76,6	32	21,8	46,6
Допуски розмірів	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$2,0^{+0,7}_{-1,3}$	$2,0^{+0,7}_{-1,3}$	$1,6^{+1,1}_{-0,5}$	$2,0^{+1,3}_{-0,7}$
На зміщення по поверхні роз'єднання	0,6					
По вигнутості	0,6					
Радіусів заокруглень	0,5					
Величини облою	0,8					
Висота облою	5,0					
Від концентричності	0,8					

Для штампування на ГKM вибираємо радіус заокруглення зовнішніх поверхонь 2,5 мм та допуск на радіуси заокруглень – 2мм. Призначаємо штампувальні нахили для зовнішніх поверхонь 0,25-5° (приймаємо 3°) для внутрішніх поверхонь 1-7° (приймаємо 3,5°).

Для штампування на КГШП вибираємо радіус заокруглення зовнішніх поверхонь 2,5 мм та допуск на радіуси заокруглень – 1 мм. Призначаємо штампувальні нахили для зовнішніх поверхонь 0,25-5° (приймаємо 3°) для внутрішніх поверхонь 1-7° (приймаємо 3,5°).

3.3 Оформлення двох ескізів заготовки

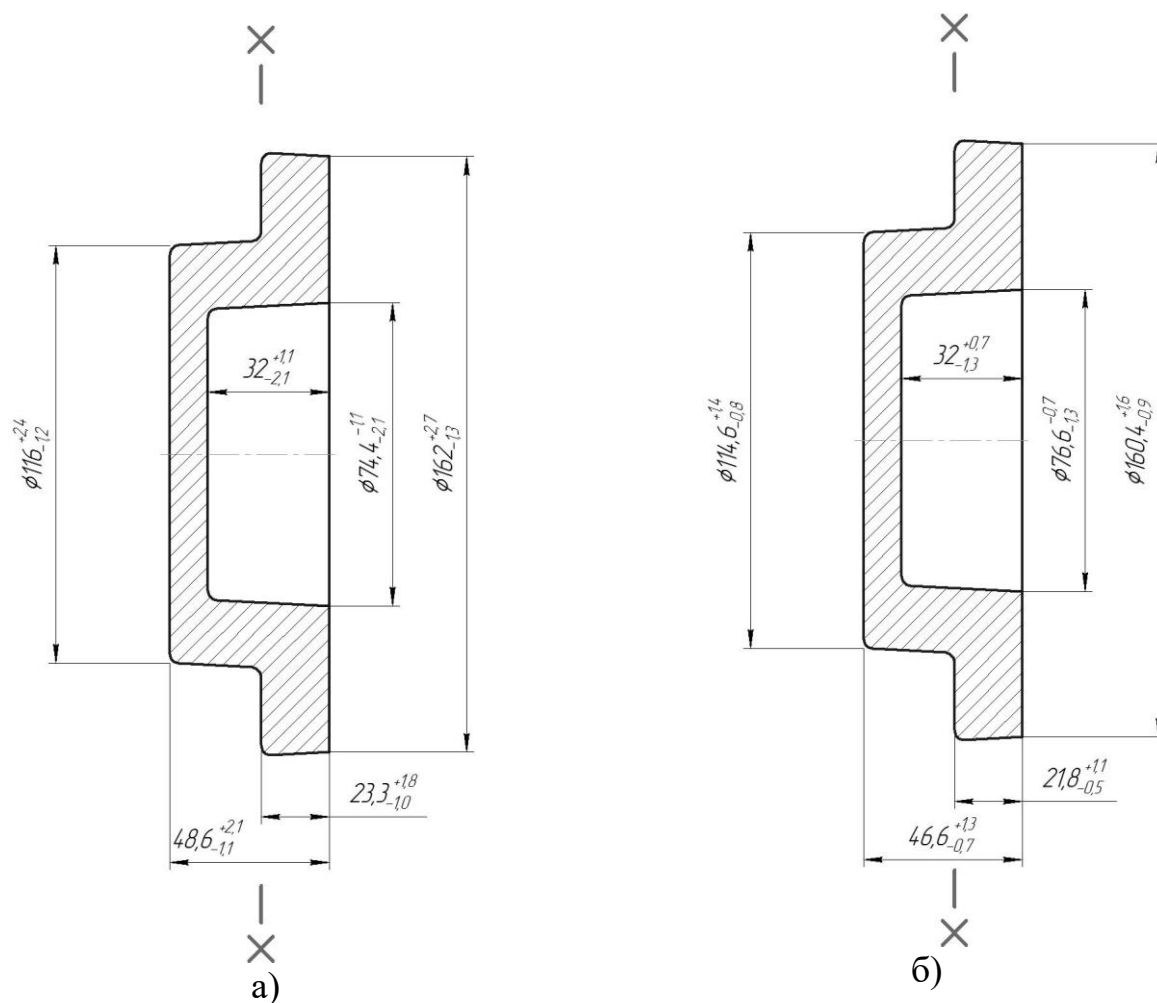


Рисунок 3.1 – Ескізи заготовок отриманих:

а) штампуванням на ГKM; б) штампуванням на KГШП

Призначення технічних вимог на поковку отриману штампуванням на ГKM.

1. Клас точності штамповки T5-M2-C2.
2. Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 2,5 мм.
3. Допустиме зміщення по площі роз'єму штампа 0,8 мм.
4. Допуски відхилення від концентричності 1,5 мм.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 2 мм.
6. Допуск вигнутості 1 мм.

Призначення технічних вимог на поковку отриману штампуванням на KГШП (закрите).

1. Клас точності штамповки T3-M2-C2.

2. Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 2,5 мм.

3. Допустиме зміщення по площі роз'єму штампа 0,6 мм.

4. Допуски відхилення від концентричності 0,8 мм.

5. Невказані допуски радіусів заокруглень 0,5 мм.

6. Допуск вигнутості 0,6мм.

Визначення маси заготовки за допомогою твердотілого моделювання

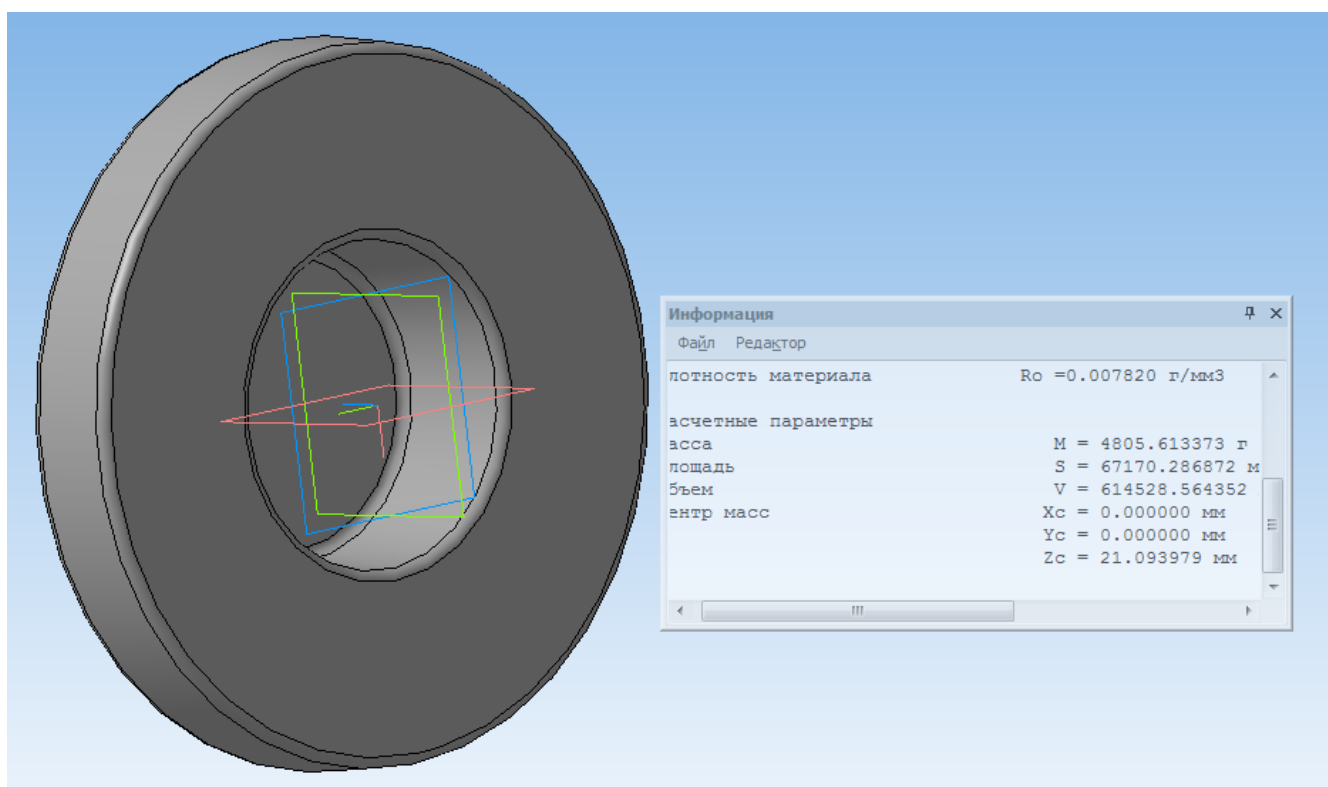


Рисунок 3.2 – Визначення маси поковки на ГKM

Маса поковки на ГKM 4,8 кг, деталі $m = 2,73$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки для ГKM

$$K_{\text{тм}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{2,73}{4,8} = 0,569$$

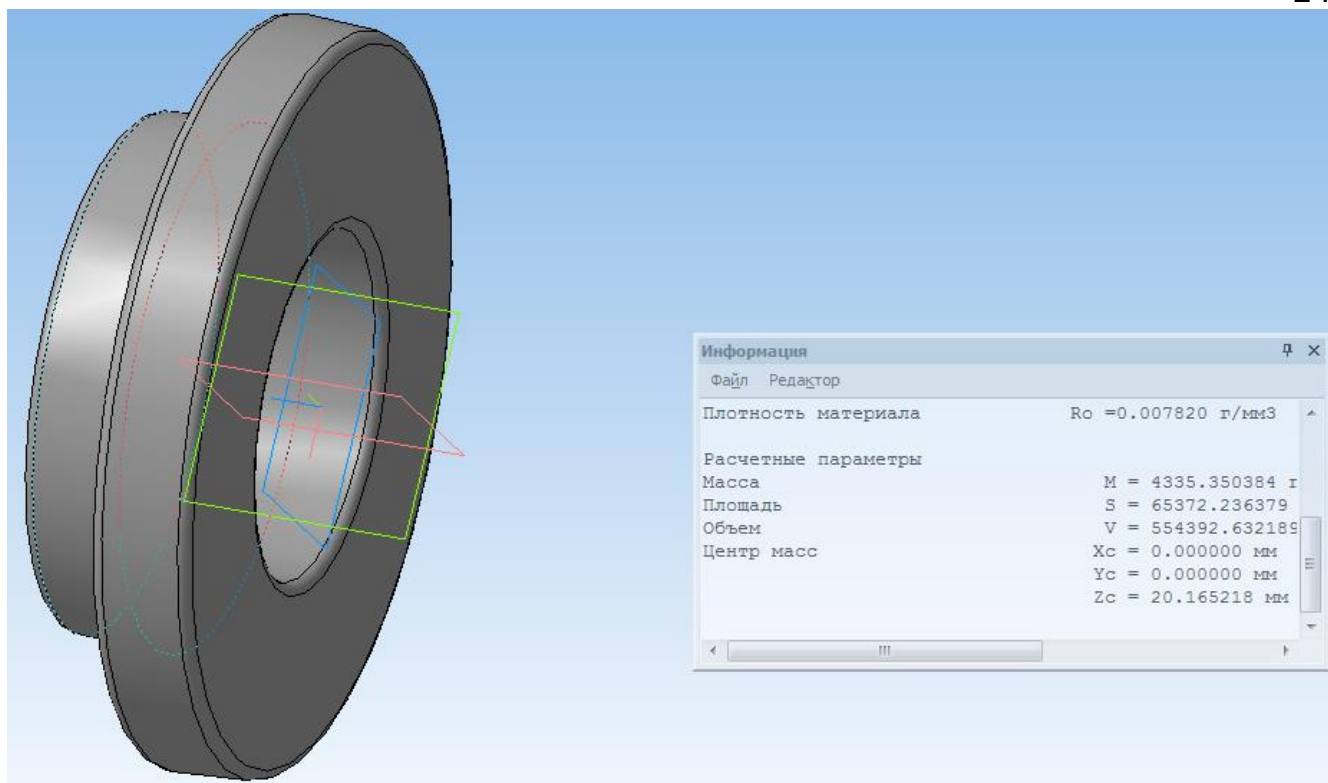


Рисунок 3.3 – Визначення маси поковки на КГШП

Маса поковки на КГШП – 4,33 кг, маса деталі $m = 2,73$ кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки

$$K_{\text{тм}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{2,73}{4,33} = 0,63$$

Розраховуємо вартість штампованих заготовок

Вартість отримання поковки при штампуванні на ГKM.

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{Q_{\text{заг}} * C_{\text{шт}} * K_{\text{т}} * K_{\text{м}} * K_{\text{с}} * K_{\text{в}} * K_{\text{п}}}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} C_{\text{від}} [\text{грн.}]$$

де: $C_{\text{шт}} = 22000$; $Q_{\text{заг}} = 4,8$ кг; $K_{\text{т}} = 1,05$; $K_{\text{м}} = 1,13$; $K_{\text{с}} = 1$; $K_{\text{в}} = 0,8$; $K_{\text{п}} = 1,0$; $C_{\text{від}} = 3500$.

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{4,8 * 22000 * 1,05 * 1,13 * 1 * 0,8 * 1}{1000} - \frac{(4,8 - 2,73)3500}{1000} = 92,99 \text{ (грн.)}$$

Вартість отримання поковки при штампуванні на КГШП.

$$C_{\text{заг.шт}} = \frac{Q_{\text{заг}} * C_{\text{шт}} * K_m * K_M * K_C * K_B * K_{\Pi}}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дем}})}{1000} C_{\text{від}}$$

де: $C_{\text{шт}} = 22000$; $Q_{\text{заг}} = 20,4 \text{ кг}$; $K_m = 1,05$; $K_M = 1,13$; $K_C = 1$; $K_B = 0,8$; $K_{\Pi} = 1,0$; $C_{\text{від}} = 3500$

$$\begin{aligned} C_{\text{заг.шт}} &= \frac{4,33 * 22000 * 1,05 * 1,13 * 1 * 0,8 * 1}{1000} - \frac{(4,33 - 2,73)}{1000} * 3500 \\ &= 84,82 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Порівнявши аналіз собівартості виготовлення заготовки вибираємо спосіб виготовлення заготовки штампуванням на КГШП так як це економічно доцільніше.

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей

Технологічний процес механічної обробки деталі «Диск П1» буде проектуватись на основі типових або групових технологічних процесів обробки подібних деталей в залежності від типу виробництва. Наша деталь містить розвинуту фланцеву частину, однак не має кріпильних отворів, хоча за формою нагадує типові кришки та фланці. Для розробки технологічного процесу обробки скористаємось типовими процесами для деталі типу «Фланець», наведеної на рисунку 4.1. Послідовність механічної обробки для цієї деталі показана в таблиці 4.1.

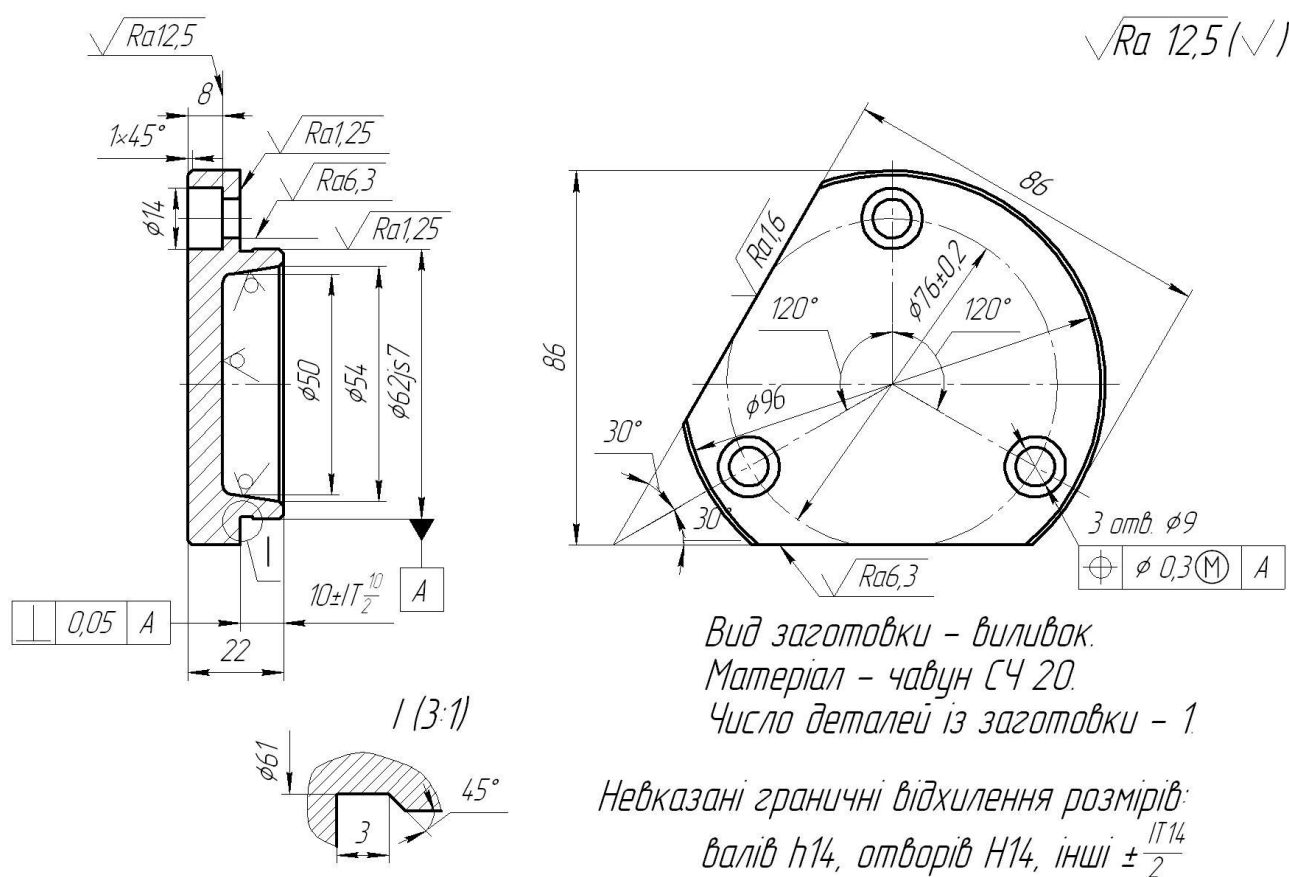


Рисунок 4.1 – Креслення деталі типу «Фланець»

Таблиця 4.1 – Типовий технологічний процес виготовлення деталі типу "Фланець"

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Підрізати торець $\varnothing 62js7/\varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96/\varnothing 62js7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62js7$ під шліфування, точити канавку $B=3$ і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
010	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
015	Свердлити та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Наладка УСП
020	Притупити гострі кромки	Верстат механізований	Трьохкулачковий патрон
025	Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ та шліфувати торець $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	

4.2 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки

Визначимо кількість ступенів обробки циліндричної пов. $\varnothing 80js7^{+0.015}_{-0.015}$, $R_a=1.25$ мкм

Згідно рекомендаціям пропонується така послідовність обробки даної поверхні:

- розточування попереднє;
- розточування остаточне;
- шліфування попереднє (розточування тонке);
- шліфування остаточне (розточування алмазне).

Перевіримо це (кількість переходів та досягнення відповідної точності вибраним методом обробки) шляхом визначення коефіцієнту уточнення:

- загальне уточнення фактичне

$$\varepsilon_{\Sigma \phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n, \quad (4.1)$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_n$ — уточнення якого-небудь розмірного параметру заготовки на одному з переходів ;

- потрібне уточнення

$$\varepsilon_{\Sigma \text{потр}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{a_{\text{заг}}}{a_{\text{дет}}}, \quad (4.2)$$

де $T_{\text{заг}}, T_{\text{дет}}$ — допуски параметру, який розглядається, відповідно для заготовки та деталі; $a_{\text{заг}}, a_{\text{дет}}$ — кількість одиниць допуску для даного квалітету точності відповідно для заготовки та деталі.

Для заготовки:

$$T_{\text{заг}} = 2000 \text{ (мкм)},$$

для 7 – го квалітету точності (деталь):

$$T_{\text{дет}} = 30 \text{ (мкм)}.$$

Тоді

$$\varepsilon_{\Sigma \text{потр}} = 2000/30 = 66.7$$

Призначаємо уточнення по окремим переходам:

$$\varepsilon_1 = 5 ; \varepsilon_2 = 4 ; \varepsilon_3 = 2.5 ; \varepsilon_4 = 1,35$$

Тоді

$$\varepsilon_{\Sigma\phi} = 5 \cdot 4 \cdot 2.5 \cdot 1,35 = 67.5$$

Умова $\varepsilon_{\Sigma\phi} > \varepsilon_{\Sigma\text{потр}}$ виконується, тому що $67.5 > 66.7$, а це свідчить про те, що кількість переходів та їх послідовність вибрані вірно.

Порівняємо це:

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{2000}{5} = 400 \text{ (мкм)} (\sim 13 - \text{й квалітет, } T = 460 \text{ (мкм)});$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{400}{4} = 100 \text{ (мкм)} (\sim 10 - \text{й квалітет, } T = 120 \text{ (мкм)});$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{100}{2.5} = 40 \text{ (мкм)} (\sim 8 - \text{й квалітет, } T = 46 \text{ (мкм)});$$

$$T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{40}{1,35} = 29.6 \text{ (мкм)} (\sim 7 - \text{й квалітет, } T = 30 \text{ (мкм)}).$$

Тобто, після першої попередньої обробки точність збільшується на 3 квалітети, після другої попередньої – на 2 квалітети, після напівчистої – на 2 квалітети, після чистої – на 1 квалітет, що цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки по економічній точності.

Для всіх інших поверхонь із підвищеними вимогами точності розрахунки здійснюємо за аналогічною методикою і їх результати наводимо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Зведена таблиця кількості ступенів обробки та технологічні методи обробки

Поверхня	Кількість переходів	Зміст переходів
1	2	3
110h9	3	1) точіння чорнове 2) точіння напівчистове 3) точіння чистове

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
80Js7	4	1) розточування чорнове 2) розточування напівчистове 3) розточування чистове 4) розточування тонке (або шліфування)
81.4Js7	4	1) розточування чорнове 2) розточування напівчистове 3) розточування чистове 4) розточування тонке (або шліфування)

Всі інші поверхні мають 14 квалітет точності та підлягають однопереходній обробці.

4.3 Вибір технологічних баз

В даній деталі конструкторськими базами є внутрішні циліндричні поверхні та відповідні торці деталі. Усі ці вимоги точності, що задані відносно баз можна забезпечити, якщо правильно вибрати базування деталі під час обробки.

Чистовими технологічними базами є торець деталі та зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 110h9$ (рисунок 4.2). В цьому випадку, оскільки ведеться обробка внутрішньої циліндричної поверхні, то похибка базування відсутня. Вимоги по розташуванню елементів досягаються за рахунок співпадіння технологічної і вимірної баз.

Для чорнових технологічних баз використали схему базування у трикулачковий патрон. Під час вибору чорнових баз вирішуємо задачу зняття мінімального і рівномірного припуску. Для цього в якості баз оберемо лівий торець 42 та зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 157$ (рисунок 4.3).

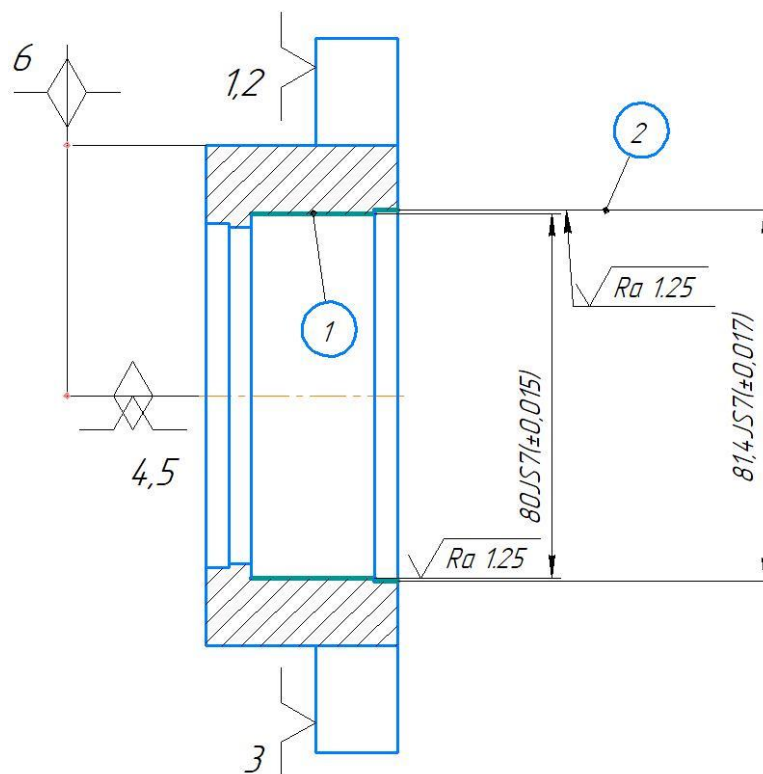


Рисунок 4.2 – Чистові технологічні бази (операція 020)

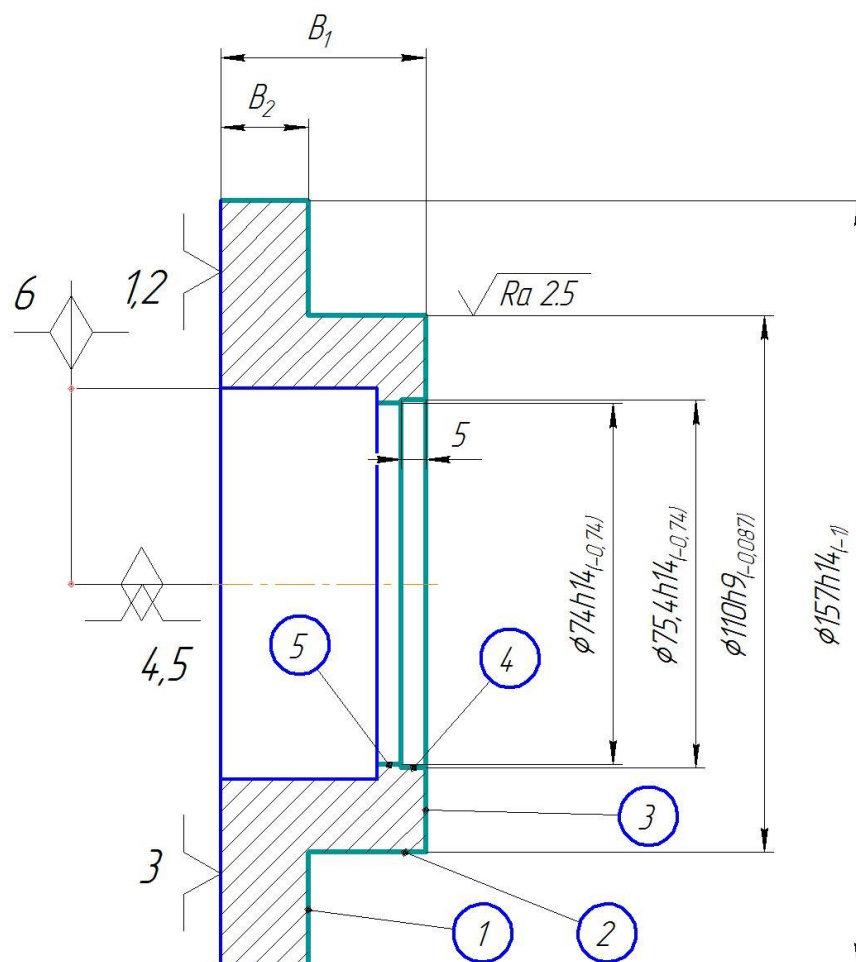
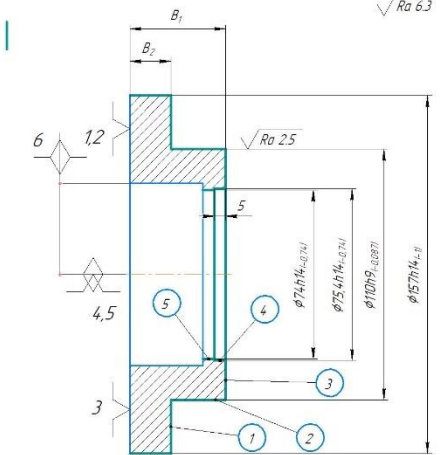
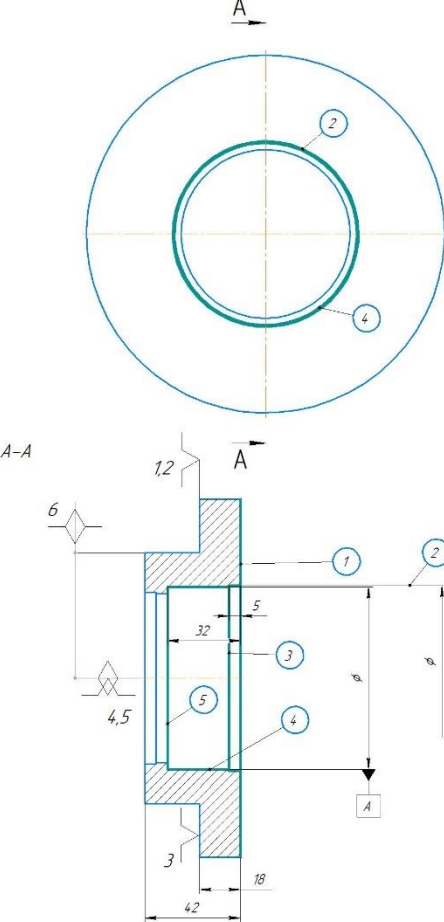


Рисунок 4.3 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

4.4 Розробка маршрутів механічної обробки

Розроблений маршрут механічної обробки деталі "Диск П1" представлений в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Маршрут механічної обробки деталі "Диск П1"

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування	Обладнання
005	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати поверхню 4. 3. Свердлити поверхні 4 і 5 в розмір $\phi 20$ напрахід. 4. Підрізати торці 1 і 3 згідно ескізу, точити поверхню 2 в розмір $\phi 158,34^{+0,34}$ 5. Розточити поверхню 4 згідно ескізу на глибину 5 мм і поверхню 5 згідно ескізу напрахід. 6. Точити поверхню 2 в розмір ϕ. 7. Точити поверхню 2 згідно ескізу. 8. Зняти заготовку	 Technical drawing of the part "Disk P1" showing a cross-section with dimensions and surface numbers. The drawing includes a central hole with diameter 20, a larger hole with diameter 158.34, and various radii and tolerances. Surface numbers 1 through 5 are indicated. The drawing is labeled with $\sqrt{Ra\ 6.3}$ and $\sqrt{Ra\ 2.5}$.	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B340Ф30
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Точити торець 1 згідно ескізу. 3. Розточити поверхню 2 в розмір ϕ і поверхню 4 в розмір ϕ 4. Підрізати торці 3 і 5 згідно ескізу. 5. Розточити поверхні 2 і 4 згідно ескізу. 6. Зняти заготовку	 Technical drawing of the part "Disk P1" showing a top view and a cross-section. The top view shows a circular part with a central hole and surface numbers 2 and 4. The cross-section shows the part with dimensions and surface numbers 1 through 5. The drawing is labeled with $\sqrt{Ra\ 6.3}$ and $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$.	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B340Ф30

Продовження таблиці 4.3

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування	Обладнання
015	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати 4 пази 1. 3. Центрувати отвір 2. 4. Свердлити отвір 2 діаметром 9,8 мм. 5. Нарізати різь в отворі 2 згідно ескізу 6. Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6Р13Ф3
020	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку 2. Розточити поверхню 1 в розмір ϕ , і поверхню 2 в розмір ϕ 3. Розточити поверхні 1 і поверхні 2 згідно ескізу. 3. Зняти заготовку.		Токарний верстат високої точності з ЧПК моделі 160НТ

4.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

Варіант проставляння технологічних розмірів наведений в розмірній схемі технологічного процесу на рисунку 4.4. В розмірній схемі розміри заготовки позначені Z_1 , Z_2 , Z_3 ; технологічні розміри – B_1 , B_2 ...; конструкторські розміри – K_1 , K_2 , і т.д.

До розгляду прийняті операції 005 та 010 на яких утворюються основні лінійні розміри, а обробка фасок та кріпильних отворів на розмірній схемі не розглядалась.

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно [7], для відповідного розміру за відповідним квалітетом. Допуски технологічних та конструкторських розмірів наведені в таблицях 4.4 і 4.5.

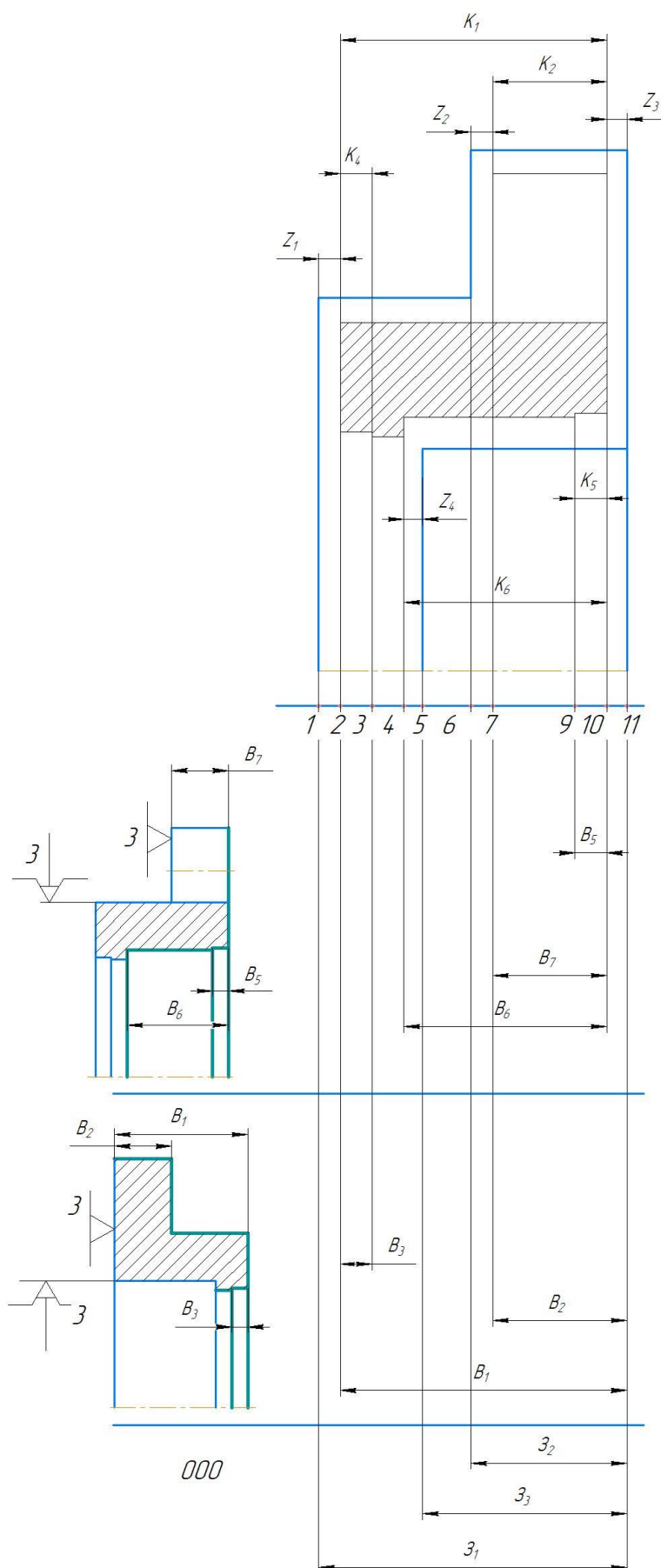


Рисунок 4.4 – Розмірна схема технологічного процесу механічної обробки (для лінійних розмірів)

Таблиця 4.4 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7
Квалітет	15	15	14	14	14	14	14
Допуск, мм	1	0,7	0,3	0,43	0,3	0,62	0,43
Розмір	3_1	3_2	3_3				
Допуск, мм	2,3	2,3	1.6				

Таблиця 4.5 – Конструкторські розміри

Конструкторський розмір	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
	42	18	12	5	5	32
Допуск, мм	0.62	0.43	0,43	0,3	0,3	0,62

Для створення рівнянь розмірних ланцюгів будують граф-дерева, а саме: вихідне граф-дерево (рисунок 4.5), похідне граф-дерево (рисунок 4.6) та суміщене граф-дерево (рисунок 4.7).

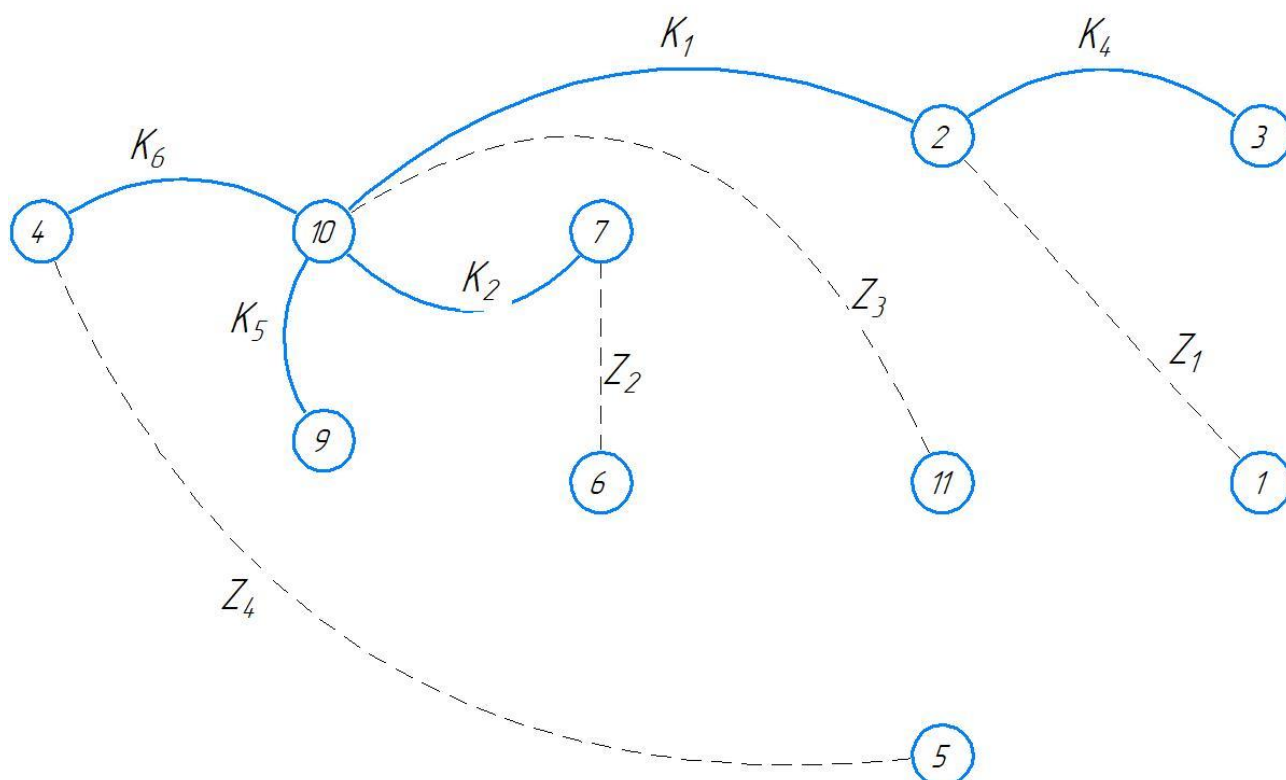


Рисунок 4.5 – Вихідне граф-дерево

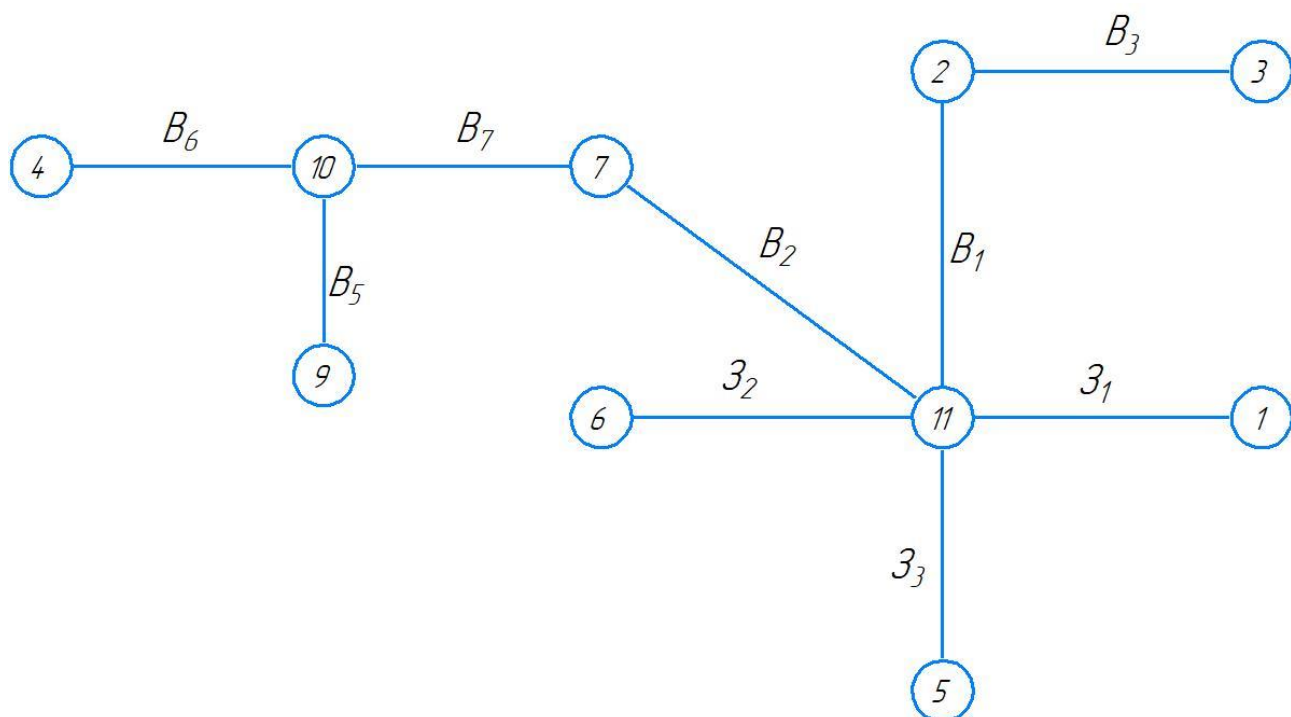


Рисунок 4.6 – Похідне граф-дерево

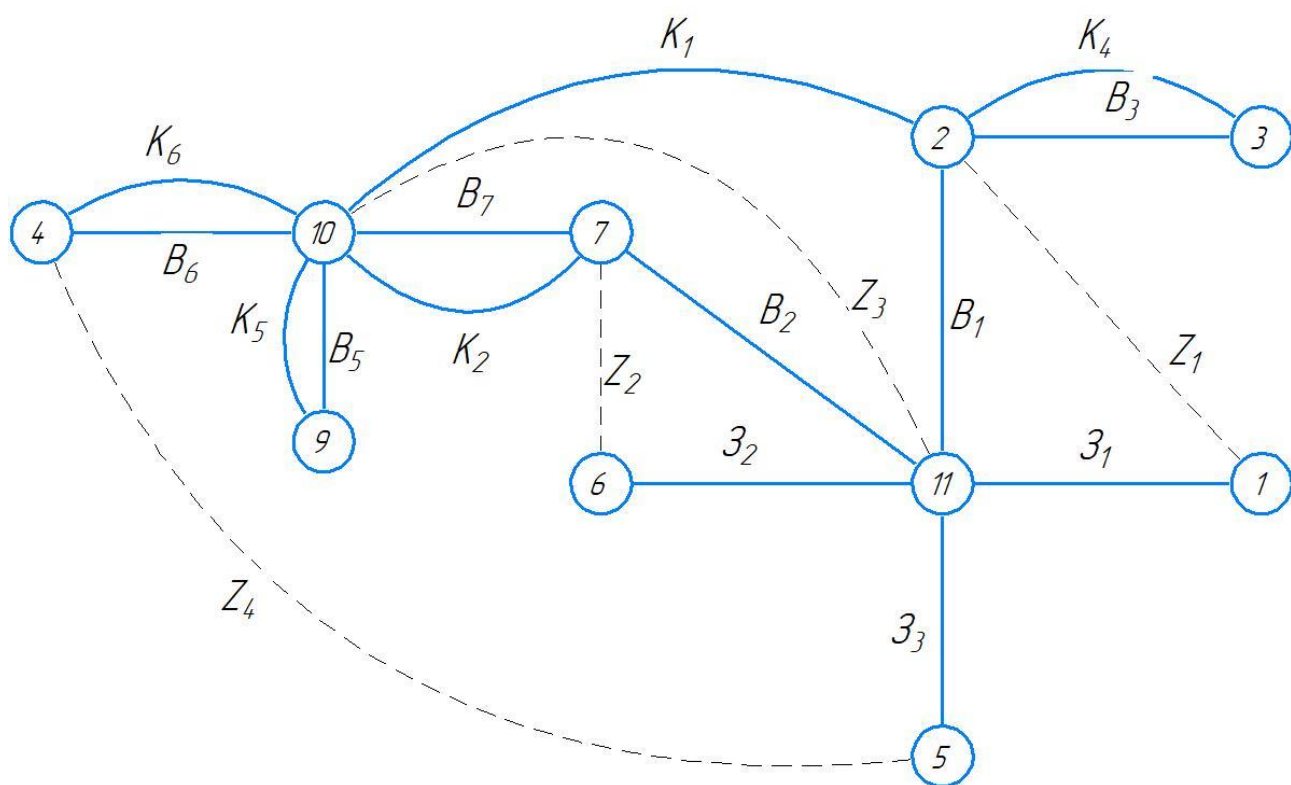


Рисунок 4.7 – Суміщене граф-дерево

Правила знаходження рівнянь технологічних розмірних ланцюгів за суміщеним графом описані в [6]. За цими правилами знаходимо і записуємо в таблицю 4.6 рівняння, за допомогою яких у подальших розрахунках мають бути

визначені кількісні значення всіх технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Таблиця 4.6 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1.	$-K_4 + B_3 = 0$	$K_4 = B_3$	B_3
2.	$-K_5 + B_5 = 0$	$K_5 = B_5$	B_5
3.	$-K_6 + B_6 = 0$	$K_6 = B_6$	B_6
4.	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
5.	$-Z_3 - B_7 + B_2 = 0$	$Z_3 = -B_7 + B_2$	B_2
6.	$-K_1 - B_2 + B_7 + B_1 = 0$	$K_1 = -B_2 + B_7 + B_1$	B_1
7.	$-Z_4 + B_6 - B_7 + B_2 - Z_3 = 0$	$Z_4 = B_6 - B_7 + B_2 - Z_3$	Z_3
8.	$-Z_2 - B_2 + Z_3 = 0$	$Z_2 = -B_2 + Z_3$	Z_2
9.	$-Z_1 - B_1 + Z_3 = 0$	$Z_1 = -B_1 + Z_3$	Z_1

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за [4].

Таблиця 4.7 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки	Кількісне значення мінімального припуску, мм
$Z_{1 \min}$	Однократне підрізання	1,2
$Z_{2 \min}$	Однократне підрізання	1,0
$Z_{3 \min}$	Однократне підрізання	1,2
$Z_{4 \min}$	Однократне підрізання	1,0

Відповідно до рівнянь з таблиці 4.6 знаходимо значення технологічних розмірів (таблиця 4.8). Результати розрахунків записано в таблицю 4.9 і 4.10.

Таблиця 4.8 – Технологічні розміри

Технологічний розмір	Розрахунок
B_3	$B_3=K_4=5\pm 0,15$ (мм)
B_5	$B_5=K_5=5\pm 0,15$ (мм)
B_6	$B_6=K_6=32\pm 0,31$ (мм)
B_7	$B_7=K_2=18_{-0,43}$ (мм)
B_2	$Z_{3min}=-B_{7max}+B_{2min}$ $B_{2min}=18+1,2=19,2$ (мм); $B_{2max}=19,2+0,7=19,9$ (мм); $B_2=19,9_{-0,7}$ $Z_{3max}=19,9-17,57= 2,33$ (мм).
B_1	$K_{1min}=-B_{2max}+B_{7min}+B_{1min}$ $B_{1min}=41,38+19,9-17,57=43,71$ (мм); $B_{1max}=43,71+1=44,71$ (мм); $B_1=44,71_{-1}$
3_1	$Z_{1min}=-B_{1max}+3_{1min}$ $3_{1min}=1,2+44,71=45,91$ (мм); $3_{1max}= 45,91+2,3=48,21$ (мм); $3_1=48,21_{-2,3}$ (мм); $Z_{1max}=48,21-43,71=4,5$ (мм).
3_2	$Z_{2min}=-B_{2max}+3_{2min}$ $3_{2min}=1,0+19,9=20,9$ (мм); $3_{2max}= 20,9+2,3=23,2$ (мм); $3_2=23,2_{-2,3}$ (мм); $Z_{2max}=23,2-19,2=4$ (мм).
3_3	$Z_{4min}= B_{6min} -B_{7max} +B_{2min}-3_{3max}$ $3_{3max}=31,69-18+19,2-1,0=31,89$ (мм); $3_{3min}=31,89-1,6=30,29$ (мм); $3_3=31,09\pm 0,8$ (мм); $Z_{4max}=32,31-17,57+19,9-30,29=4,35$ (мм).

Таблиця 4.9 – Технологічні розміри і розміри заготовки

Позначення	B ₁	B ₂	B ₃	B ₅	B ₆	B ₇	З ₁	З ₂	З ₃
Допуск, мм	1	0,7	0,3	0,3	0,62	0,43	2,3	2,3	1.6
Мінімальне значення	43,71	19,2	4,85	4,85	31,69	17,57	45,91	20,9	30,29
Максимальне значення	44,71	19,9	5,15	5,15	32,31	18	48,21	23,2	31,89
Розмір на кресленні	44,7 ₋₁	19,9 _{-0,7}	5±0,15	5±0,15	32±0,31	18 _{-0,43}	48,21 _{-2,3}	23,2 _{-2,3}	31,09±0,8

Таблиця 4.10 – Міжопераційні припуски

Позначення припусків	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Мінімальне значення	1,2	1,0	1,2	1
Максимальне значення	4,5	4	2,33	4,35

4.6. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [5], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні $R_z=150$ мкм $T=2000$ мкм. При попередньому точінні приймаємо $R_z=100$, $T=400$ мкм, а на наступному переході відповідно – $R_z=30$, $T=100$ мкм; при чистовому точінні – $R_z=10$ мкм, $T=40$ мкм; при тонкому точінні - $R_z=4$ мкм, $T=30$ мкм.

Жолоблення слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямі, тому:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} d)^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2} \quad [\text{мкм}], \quad (4.3)$$

де Δ_{κ} - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0.7 \cdot 80)^2 + (0.7 \cdot 32)^2} = 60.9 \text{ (мкм)},$$

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру $\varnothing 80$.

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складає тиме:

$$\rho = \sqrt{60.9^2 + 300^2} = 306 \text{ (мкм)},$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad [\text{мкм}], \quad (4.4)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 306 = 18 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 18 = 0.72 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}, \quad (4.5)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення, що при установці з пневматичним затиском складає 300 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 300 \text{ (мкм)}$$

При повторному попередньому точінні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 300 \cdot 0,05 = 15 \text{ (мкм)}.$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}. \quad (4.6)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1min} = 2(150 + 2000 + \sqrt{306^2 + 300^2}) = 2 \cdot 2578 \text{ (мкм)};$$

попереднє точіння:

$$2Z_{2\min}=2(100 + 400 + \sqrt{18^2 + 15^2}) = 2\cdot 523 \text{ (мкм)};$$

чистове точіння:

$$2Z_{3\min}=2(30 + 100 + \sqrt{0,72^2 + 0,6^2}) = 2\cdot 131 \text{ (мкм)};$$

Тонке точіння:

$$2Z_{4\min}=2(10+40) = 2\cdot 50 \text{ (мкм)};$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=79,985 \text{ (мм)}.$$

Наступні розміри отримуємо послідовним додаванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

Для остаточного точіння:

$$d_1=79,985 - 2\cdot 0,05=79,885 \text{ (мм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$d_2=79,885 - 2\cdot 0,131 = 79,623 \text{ (мм)}.$$

для попереднього точіння:

$$d_3 = 79,623 - 2 \cdot 0,523 = 78,577 \text{ (мм)}.$$

для заготовки

$$d_4 = 78,577 - 2 \cdot 2,578 = 73,421 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для тонкого розточування допуск дорівнює – 30 мкм (7 квалітет), для чистового розточування, відповідно для 8 квалітету, допуск складає 40 мкм, для попереднього розточування для 10 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 100 і 400 мкм та для заготовки, що має 16 квалітет точності, допуск складає 2000 мкм.

Мінімальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення $Z_{\max}$ – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Отже, для тонкого точіння:

$$2Z_{\min 4} = 80,015 - 79,925 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 4} = 79,985 - 79,885 = 0,100 \text{ мм} = 100 \text{ (мкм)};$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 79,925 - 79,723 = 0,202 \text{ мм} = 202 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 79,885 - 79,623 = 0,262 \text{ мм} = 262 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 79,723 - 78,977 = 0,746 \text{ мм} = 746 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 79,623 - 78,577 = 1,046 \text{ мм} = 1046 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 78,977 - 75,421 = 3,556 \text{ мм} = 3556 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 78,577 - 73,421 = 5,156 \text{ мм} = 5156 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблиці 4.11. Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 5156 - 3556 = 1600 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 2000 - 400 = 1600 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 1046 - 746 = 300 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 400 - 100 = 300 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 262 - 202 = 60 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 100 - 40 = 60 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 100 - 90 = 10 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_5 - \delta_6 = 40 - 30 = 10 \text{ (мкм)}.$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Для інших поверхонь припуски призначемо за нормативами та зведемо в таблицю 4.12. Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні фланця. Оскільки поверхні $\varnothing 80\text{JS7}$ і $\varnothing 81,4\text{JS7}$ мають однакову технологію виготовлення, то величина припусків на них теж буде однаковою.

Таблиця 4.11 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø80JS7	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, мм d_p	Допуск мкм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	2000	306			73,421	2000	73,421	75,421		
Розточування попереднє	100	400	18	300	$2 \cdot 2578$	78,577	400	78,577	78,977	3,556	5,156
Розточування попереднє	30	100	0,72	15	$2 \cdot 523$	79,623	100	79,623	79,723	0,746	1,046
Розточування остаточне	10	40			$2 \cdot 131$	79,885	40	79,885	79,925	0,202	0,262
Розточування тонке	4	30			$2 \cdot 50$	79,985	30	79,985	80,015	0,09	0,1
Загальний припуск										4,594	6,564

Загальний розрахунковий припуск на обробку поверхні Ø80JS7 перевищує величину призначеного за розрахунками заготовки, тому проводимо коригування розмірів заготовки. Розмір заготовки становитиме $\varnothing 73,4^{+2}$ мм.

Таблиця 4.12 – Припуски на циліндричні поверхні

Технологічні пере- ходи обробки пове- рхні	Призначений припуск, мкм 2Z _{min}	Розрахунковий розмір, мм d _p	Допуск мм δ	Граничний розмір, мм		Граничні зна- чення припус- ків, мм	
				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Ø110h9							
Заготовка		112,813	2,2	112,813	115,013		
Точіння попереднє	2 · 1200	110,413	0,35	110,413	111,763	2,4	4,25
Точіння остаточне	2 · 250	109,913	0,087	109,913	110	0,5	0,763
Всього						3,8	6,5

Решта поверхонь обробляється за один перехід, тому розрахунок припусків не проводимо.

4.7 Визначення режимів різання

Приведемо приклад повного розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі точіння поверхні 6, операції 005.

1. Перехід 2, операція 005 – точіння пов.6 однократне.

Вхідні дані:

- верстат моделі 1В340Ф30, $N_v = 6$ кВт;
- інструмент: різець прохідний підрізний з тригранною пластиною (ТУ 2-035-892-82), Т5К10, $\varphi = 95^\circ$.

- Глибина різання: $t = 1,7$ (мм).

- Подача:

Рекомендована: $S_{пр.} = 0.5 - 0.9$ (мм/об).

Прийнята: $S_{пр.} = 0.8$ (мм/об).

- Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, [м/хв.] \quad (4.8)$$

де $C_v = 340$; $x = 0.15$; $y = 0.45$; $m = 0.20$; $T = 60$ хв.; $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = K_r(750/\sigma_B)^{nv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1.0 \cdot (750/580)^{1.75} \cdot 0.8 \cdot 0.65 = 1 \cdot 1.568 \cdot 0.8 \cdot 0.65 = 0.815$.

$$V = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 1.7^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.815 = \frac{340}{2.268 \cdot 1.14 \cdot 0.9} \cdot 0.815 \cong 113 \text{ (м/хв.)}.$$

- Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 113}{3.14 \cdot 157} = 236 \text{ (об./хв.)}.$$

За паспортом верстата приймаємо $n_{пр.} = 200$ (об./хв.).

- Корекція швидкості різання:

$$V_k = \frac{\pi D n_{пр.}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 157 \cdot 200}{1000} \approx 98,6 \text{ (м/хв.)}.$$

- Сила різання:

$$P = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (4.9)$$

де $C_p = 300$; $x = 1.0$; $y = 0.75$; $n = -0.15$; $K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\eta p} =$

$$\left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\eta p} = \left(\frac{580}{750}\right)^{0.35} \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.25 \cdot 0.87 =$$

$$0.914 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.25 \cdot 0.87 \cong 0.885$$

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 1.7^{1.0} \cdot 0.8^{0.75} \cdot 117^{-0.15} \cdot 0.885 = 3000 \cdot 1.7 \cdot 0.846 \cdot 0.489 \cdot 0.885 \cong 2636 \text{ (Н)}$$

- Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2636 \cdot 98,6}{1020 \cdot 60} = 4,89 \text{ (кВт)}$$

$N_B > N$ (6кВт > 4,89 кВт) – обробка заданої поверхні на верстаті можлива.

2. Розточування поверхні 4 попереднє – перехід 3, операція 010

Вихідні дані:

- різець розточувальний 2145-0653 ГОСТ 25987-83;

- Глибина різання:

$$t = 2.5 \text{ (мм)}$$

- Подача:

$$S = 0.1 \text{ (мм/об.)}$$

- Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \text{ [м/хв]}, \quad (4.10)$$

де $C_v = 420$; $T = 60$ хв.; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.2$; $K_v = 0.815$.

Отже:

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 2.5^{0.15} \cdot 0.1^{0.2}} \cdot 0.815 = \frac{420}{2.268 \cdot 1.14 \cdot 0.63} \cdot 0.815 \cong 205 \text{ (м/хв.)}$$

$$V_{\text{прийн.}} = V \cdot K = 205 \cdot 0.8 = 161 \text{ (м/хв.)}$$

- Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 161}{3.14 \cdot 80} \cong 640 \text{ (об/хв.)}$$

За паспортом верстата приймаємо $n_{\text{пр.}} = 640$ об/хв.

Корекція швидкості різання:

$$V_k = \frac{\pi D n_{\text{пр.}}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 80 \cdot 6400}{1000} \approx 161 \text{ (м/хв.)}.$$

- Сила різання:

$$P = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 300$; $x = 1.0$; $y = 0.75$; $n = -0.15$; $K_p = 0.885$

$$P = 10 \cdot 300 \cdot 2.5^{1.0} \cdot 0.1^{0.75} \cdot 161^{-0.15} \cdot 0.885 = 3000 \cdot 2.5 \cdot 0.178 \cdot 0.468 \cdot 0.885 \cong 553 \text{ (Н)}$$

- Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{553 \cdot 161}{1020 \cdot 60} = 1,45 \text{ (кВт)}$$

$N_B > N$ (6кВт > 1,45 кВт) – обробка заданої поверхні на верстаті можлива.

На всі інші переходи операцій розрахунок режимів обробки здійснюється аналогічно і всі дані по розрахункам заносимо до таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Зведена таблиця режимів різання

Технологічні переходи і робочі ходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	4	5	6	7
005				
Підрізати торці 1 і 3 згідно ескізу, точити поверхню 6 згідно ескізу і 2 попередньо.	1,27	0,4	1120	125,4
	1,5	0,3	1120	125,4
Розточити поверхні 4 і 5 однократно.	1,5	0,3	1500	16,75
Точити поверхню 2 остаточно.	1	0,19	2400	12,43
010				
Точити торець 1 згідно ескізу	1,27	0,4	1120	125,4
Розточити поверхні 2 і 4 попередньо	1,5	0,3	1120	125,4
Підрізати торці 3 і 5 однократно	1,27	0,4	1120	125,4
Розточити поверхні 2 і 4 однократно.	1,5	0,3	1120	125,4

Продовження таблиці 4.13

1	4	5	6	7
015				
Фрезерувати 4 пази 1.	6,75	0,2	2038	31,72
Свердлити отвір 2.	4,5	0,2	545	16,96
Нарізати різь в отворі 2	0,4	1	100	
020				
Розточити поверхні 1 і 2 попередньо.	0,1	0,2	2400	12,43
Розточити поверхні 1 і 2 остаточно	0,05	0,1	2400	12,43

4.8 Визначення технічних норм часу

Норма штучного часу згідно [2] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{д}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) [хв.], \quad (4.15)$$

де $T_{ц.а.}$ – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мд} [хв.], \quad (4.16)$$

T_o – основний час роботи верстата за програмою, $T_{мд}$ – машинно-допоміжний час.

При свердлінні та розточуванні тривалість основного часу визначається за формулою:

$$T_o = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_m [хв.], \quad (4.17)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні; l_1 – довжина підводу; l_2 – довжина врізання; l_3 – довжина перебігу; S_m – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів $\varnothing 80JS7$ і $\varnothing 81,4JS7$.

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (50 мм), величину корекції розточних головок – 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо для розточування:

$$T_{\text{мвх}} = (50 + 10 + 10) / 3000 = 0,02 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,09 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 020 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = 2 \cdot (0,02 + 0,09) + (0,21 + 0,1) = 0,53 \text{ (хв.)}.$$

Допоміжний час T_d складається із:

$$T_d = T_{\text{дуст}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{двим}} \text{ [хв.]}, \quad (4.18)$$

$T_{\text{дуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,11 хв;

$T_{\text{доп}}$ - допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,2 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,12 хв.

$$T_{\text{доп}} = 0,2 + 0,12 = 0,32 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{двим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із двох замірів калібр-пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{двим}} = 0,09 \cdot 2 = 0,18 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_{\text{д}} = 0,11 + 0,32 + 0,18 = 0,61 \text{ (хв.)}.$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 10\% \quad (4.19)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}} = (0,53 + 0,61) \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 1,254 \text{ (хв.)}.$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Допоміжний час, хв	Штучний час, хв
005	3,2	1,2	4,4
010	3,8	1,3	5,1
015	0,8	0,43	1,2
020	0,5	0,6	1,2

5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Розрахунок приведеної програми

Встановлення основних параметрів дільниці у випадку серійного виробництва доцільно проводити на основі приведеної програми – для певної деталі представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (5.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (5.2)$$

m_i - маса i -ї деталі, $m_{\text{пр}}$ - маса представника

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (5.3)$$

де N – програма випуску представника, програма випуску i -ї деталі, α – показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{m.np.}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.np.}} \right)^{\alpha_2} \quad (5.4)$$

K_{Ti} , K_{Tnp} - середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{анр}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Результати отримані під час розрахунків по формулам (5.1-5.4) занесено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
Диск П1	2,7	4500	1	1	1	1,00	4500
Фланець 1	2	4000	0,8	0,94	1,02	0,77	3068
Диск 2	2,4	9000	0,92	0,89	0,9	0,74	6632
Фланець 3	2,5	10000	0,95	0,98	0,89	0,83	8286
Диск 4	2,6	5000	0,97	0,98	0,98	0,93	4658
Всього						27145	

Таким чином приведена програма випуску становить 27145 штук.

5.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{np} / (\Phi_d \cdot m) \quad (5.5)$$

де $T_{\text{пр}}$ –сумарна трудомісткість деталей, год;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

m - кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Відповідно для кожної операції отримаємо:

операція 005:

$$C_p = 4,8 \cdot 27145 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,69 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 010:

$$C_p = 5,1 \cdot 27145 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,75 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 015:

$$C_p = 1,2 \cdot 27145 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,17 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

операція 020:

$$C_p = 1,2 \cdot 27145 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,17 \text{ (прийнято 1 верстат)}$$

Отже, для виконання всього технологічного циклу із виготовлення партії деталей достатньо прийняти по одному верстатові кожної моделі.

Коефіцієнт завантаження для верстату 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_z = 0,69 / 1 = 0,69$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом для верстату 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_z = 3,2 / 4,8 = 0,75$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів. Результати розрахунків представлені у вигляді гістограм (рисунок 5.1 і 5.2).

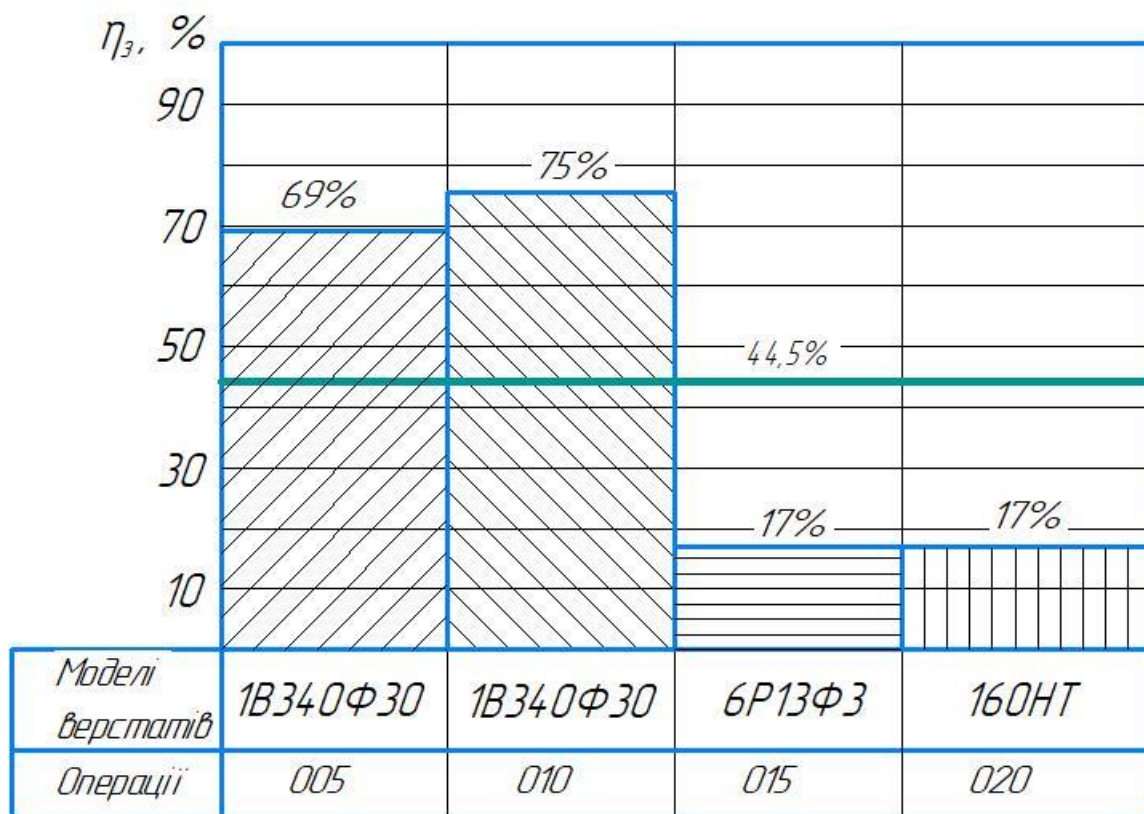


Рисунок 5.1 – Графік завантаження обладнання

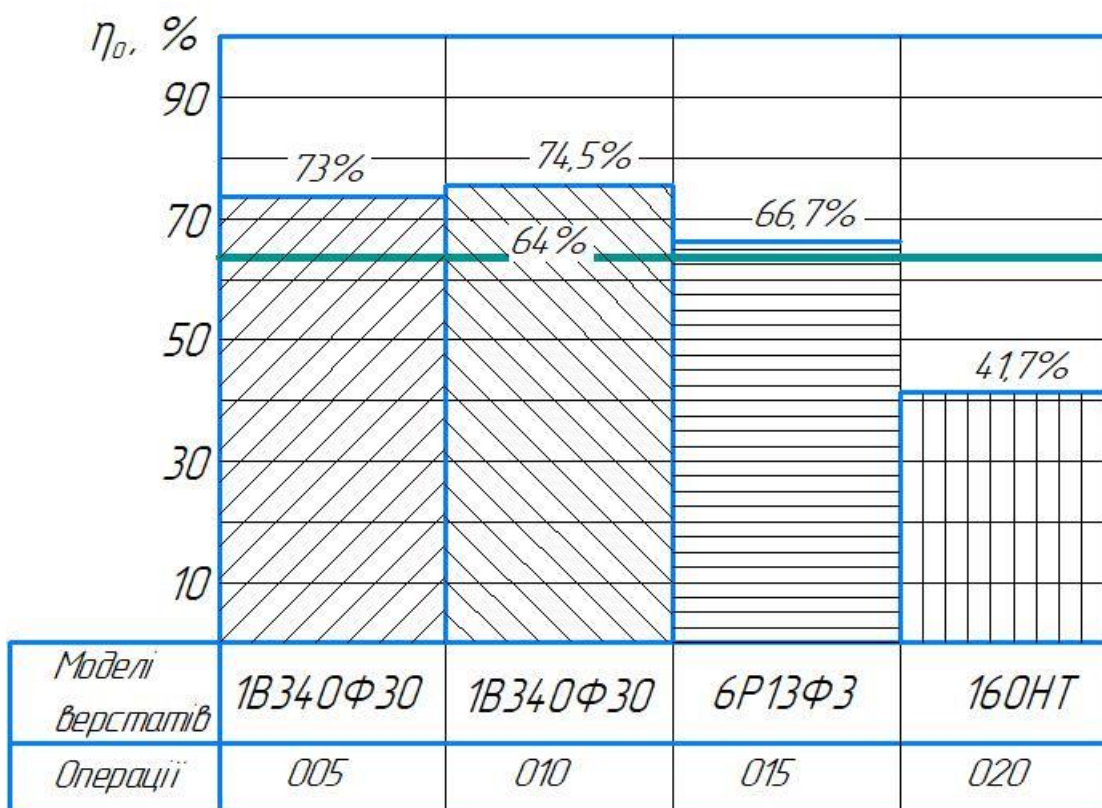


Рисунок 5.2 – Графік використання обладнання за основним часом

5.3 Розрахунок кількості робітників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від трудомісткості за формулою:

$$P = N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}) \quad (5.6)$$

де $\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування.

Наприклад, для роботи на токарно-револьверному верстаті з ЧПК 1В340Ф30 необхідно:

$$P = 4,4 \cdot 27145 / (60 \cdot 1840 \cdot 1) = 1,08$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 2 робітники, але оскільки операції 005 і 010 здійснюються на однакових верстатах, то один з працівників працюватиме по черзі на операції 005 і 010.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.2.

Згідно таблиці 5.2 сума всіх основних робочих – 5 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1 \dots 1,25$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При середньосерійному виробництві кількість ІТР складає 24-18% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 4 = 0,72 \dots 0,96$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}}=0,022 \cdot 5=0,11$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 5.2 – Кількість робітників-верстатників

Назва операції	Штучно- калькуля- ційний час, $T_{\text{шт-к}}$	$\Phi_{\text{д}}$, год	$N_{\text{пр}}$	$K_{\text{м}}$	P , чол	$P_{\text{пр}}$, чол
Токарно-револьверна з ЧПК	4,4	1840	27145	1	1,08	3
Токарно-револьверна з ЧПК	5,1			1	1,25	
Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,2			1	0,3	1
Токарна з ЧПК	1,2			1	0,3	1

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (5+1+1+1)=0,16$$

Приймаємо 1 особу молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			5
Допоміжні робітники	20...25%	1...1,25	1
ІТР	15...21%	0,72...0,96	1
СКП	2,2%	0,11	1
МОП	2%	0,16	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 4 металорізальних верстатів, які обслуговуються 5 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітників.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз умов праці

ГОСТ 12.0.003-74* передбачає чотири класи шкідливих та небезпечних виробничих факторів: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Головним чином виділяються фактори фізичні – машини та механізми, що рухаються, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання, вироби, що рухаються, заготовки, матеріали; підвищена запиленість, рівень шуму, вібрації та ін. Психофізіологічні – фізичне та розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, емоційні перенавантаження.

При роботах виникає ряд шкідливих факторів: інтенсивний високочастотний струм, високодисперсний аерозоль металів, токсичні гази, ультрафіолетова та інфрачервона радіація.

Аерозоль утворюється в повітряному середовищі з мілких металевих частинок та їх з'єднань у вигляді оксидів, нітридів, конденсаційних парів.

Отже, аерозоль являє багатокомпонентну парогазову суміш високої дисперсності, яка приводить нерідко до ураження дихальних шляхів оператора. Тривале опромінення яскравими видимими променями призводить до послаблення зору. Інфрачервоне випромінювання інтенсивне джерело радіації і тривала його дія може призвести до втрати зору.

В процесі роботи проходить утворення середніх та важких іонів, кількість яких зростає до $3 \cdot 10^7$ шт.

Таблиця 6.1 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

Концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м ³		
Оксид азоту	Озон	Тверда фаза
2,74±0,18	0,76±0,026	0,7

Гранично допустимі концентрації шкідливих газів, парів та пилу в повітрі робочих зон приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації речовин

Забруднюючі речовини	Концентрація		
	допустимі	неблагоприємні	недопустимі
Вуглеводні, мг/л	-	0,1-0,3	більше 0,3
Аерозолі, мг/м ³	900,3	0,2-0,3	більше 0,3
Пил, мг/м ³	905	5-10	більше 10
CO ₂ , %	до 0,17	0,17-10	більше 10
CO, мг/л	0,02	0,02-0,03	0,03

6.2 Заходи по ТБ

До робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичне освідчення та спеціальне навчання і мають посвідчення на право виконання вказаних робіт та групу по електробезпеці не нижчу за другу.

Робітники повинні працювати в одязі який має бути заціпненим, без висячих рукавів, поясів та стрічок. Волосся повинно бути закрито головним убором.

6.2.1 Електробезпека

Електробезпека забезпечується конструкцією електроустановок, організаційними та технічними міроприємствами, технічними способами та засобами захисту.

Безпека праці забезпечується виготовленням верстатів у відповідності вимогами ГОСТ 12:2.009-80; СТ СЗВ 538-87; СТ СІВ 539-77. Вимоги до електрообладнання:

- обладнання повинно бути обов'язково занулено, що зменшить небезпеку ураження електричним струмом працюючих. Занулення – це передбачене електричне з'єднання із нульовим захисним провідником металевих не струмонесучих частин, які можуть знаходитися під напругою;

- приміщення, в яких верстати використовуються відносяться (класифікуються по небезпеці ураження струмом) до приміщень із особливою небезпекою, так як одночасно мають в наявності слідуючи умови підвищеної небезпеки: наявність струмопровідного пилу, наявність струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції і обладнання;

- в електричних схемах обладнання повинно бути передбачено блокуюче пристосування на випадок падіння чи збільшення напруги у електричній мережі.

Для запобігання враженню робітників електричним струмом при роботі на верстатах вжито наступних заходів:

- у відповідності з ГОСТ 12.10.30-81 забезпечено недоступність струмоведучих частин електрообладнання; зовнішні проводи на верстатах розміщено у металевих трубах, для виключення випадкового пошкодження ізоляції на них всю електроавтоматику верстатів розміщено у електрошафі чи у спеціальних нішах станини. Дверці оснащено відповідними надписами і знаками за ГОСТ 12.4.026-76;

- для захисту від струмів короткого замикання застосовано вимикальні автомати і плавкі запобіжника.

6.3 Заходи по виробничій санітарії

Виробнича санітарія визначається як система організаційних, технічних засобів, які забезпечують захист або зменшують дію на робітника шкідливих факторів.

Виробнича санітарія – це правильна організація освітлення робочих місць, організація вентиляції, фарбопокриття стін і обладнання у відповідності з санітарно-технічними нормами.

Виробниче приміщення повинно відповідати вимогам СНиП II-2-80, СНиП II-89-80.

Згідно ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности“, обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні,

повинно бути пожежно-вибухо-безпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше 15 м², а площа – 4,5 м².

Обладнання на ділянці пофарбовано відповідно нормам машинобудування НОВ-2 „Кольори фарбування металорізальних верстатів”. Станини верстатів пофарбовані у світло-зелені кольори; рухома частина – у кремовий; внутрішні частини огорожень рухомих частин верстатів, лампи, сигналізуючи про порушення технологічного процесу, кнопки, рукоятки вимикачів, а також аварійні кнопки – у червоний. Переплетення світлових проїомів, стіни над рівнем 2,5-3 м пофарбовані у білий колір, так як біла поверхня відбиває більш як 80% падаючого світла, створюючи добру освітленість. Панелі пофарбовані у світло-зелений колір.

6.3.1 Освітлення

При виконанні в приміщенні робіт Пб розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E = 2000$ лк.

Характеристика зорової роботи – високої точності; найменший розмір об'єкту від 0,15 мм до 0,3 мм; розряд та під розряд зорової роботи 116; освітленість при комбінованому освітлені 2000 лк.

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого освітлення повинно складати №(%) від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовуються для місцевого освітлення. При цьому найменші і найбільші значення освітленості приймаються згідно таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Граничні значення освітленості

Лампи	Освітленість від світла заг. освітл. в системі комбінов., лк	
	найбільша	найменша
Газорозрядні	500	150

Розжарювальні	100	50
---------------	-----	----

При проектуванні загального освітлення (незалежно від системи освітлення) на підставі техніко-економічних розрахунків, слід приймати мінімально нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинно перевищувати для робіт I-III розрядів при люмінесцентних лампах 1,5; при інших джерелах світла – 2.

При виконанні в приміщеннях робіт 1-У розрядів освітленість проходів та ділянок де роботи не виконуються, повинна складати не менше 25% освітленості, що створюються світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк при газорозрядних лампах.

Коефіцієнт пульсації освітленості при освітленні приміщень газорозрядними лампами, які живляться змінним струмом частотою 50(Гц), не повинен перевищувати значень приведених в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Коефіцієнт пульсації освітленості

Система освітлення	Коефіцієнт пульсації освітленості, % при розрядах зорової роботи I, II
Комбіноване загальне	20
Комбіноване місцеве	10

Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу;
- порушення роботи пристроїв вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

6.3.2 Розрахунок природного освітлення на ділянці

Розміри ділянки:

- довжина – 40 (м);
- ширина – 60 (м);
- висота – 6 (м).

Висота світлових проїомів – 1,5 м.

Ширина світлових проїомів – 0.7 м.

Кількість світлових проїомів – 54.

Попередній розрахунок площі світлових проїомів проводимо по бічному освітленні приміщення за формулою:

$$S_0 = \frac{e_n \cdot K_3 \cdot K_{30} \cdot \xi_0 \cdot S_n}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100} \text{ [м}^2\text{]}, \quad (6.1)$$

де S_0 – площа світлових проїомів, м;

$S_n = 20 \cdot 40 = 800 \text{ (м}^2\text{)}$ – площа полу приміщення;

e_n – нормативне значення КЕО, $e_n = 1,26$;

K_3 – коефіцієнт запасу, приймаємо $K_3 = 1.3$, так як роботи виконуються в механічному цеху;

ξ_0 – світлова характеристика вікна, приймаємо $\xi_0 = 20,5$, так як відношення $I_n / B = 40/6 = 6,7$;

K_{30} – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон навпротистоячими будівлями; приймаємо $K_{30} = 1,1$, так як затемнення вікон навпротистоячими будівлями $R/H_{зд} = 2$;

$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$ – коефіцієнт світлопропускання;

τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, приймаємо $\tau_1 = 0,9$, так як вид світлопропускаючого матеріалу - органічне прозоре скло.

τ_2 – коефіцієнт, що враховує витрати світла в рамках світло прийому; приймаємо $\tau_2 = 0,6$, так як рами для вікон та фонарів подвійні (розділені)і

τ_3 – коефіцієнт, що враховує витрати світла у несучих конструкціях, $\tau_3 = 1$ при бічному освітленні;

τ_4 – коефіцієнт, що враховує витрати світла у сонцезахисних пристроях, $\tau_4 = 1$ при убераючихся регулюючих жалюзях і шторах;

τ_5 – коефіцієнт, що враховує витрати світла у запитній сітці, $\tau_5 = 0,9$;

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КЕО, приймаємо $r_1 = 4,45$.

Отже,

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,486.$$

Тоді

$$S_0 = \frac{1,26 \cdot 1,3 \cdot 20,5 \cdot 1,1}{0,486 \cdot 4,45 \cdot 100} \cdot 800 = 59 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розрахунок коефіцієнта природного освітлення при бічному освітленні виконуємо формулою:

$$\varepsilon_p^{\sigma} = (\varepsilon_{\sigma} q + \varepsilon_{30} R) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (6.2)$$

де ε_{σ} – геометричний КЕО в розраховує мій точці, який враховує пряме світло неба;

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,01 \cdot (n_1 - n_2),$$

де n_1 – кількість променів на поперечному перерізі, по графіку І А. М. Данилюка $n_1 = 0,5$;

n_2 – кількість променів у плані приміщення, $n_2 = 33$;

q – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість захмареного неба, приймаємо $q = 0,5$.

$\varepsilon_{зд}$ – геометричний КЕО в розраховуємій точці враховує світло, яке відбивається від навпроти стоячих будівель:

$$\varepsilon_{зд} = 0,01 \cdot (n_1 - n_2),$$

де n_1 – кількість променів від навпроти стоячої будівлі на поперечному перерізі, за графіком І А. М. Данилюка приймаємо $n_1 = 0,2$;

n_2 – кількість променів у плані приміщення, за графіком ІІ А. М. Данилюка приймаємо: $n_2 = 25$;

R – коефіцієнт, що враховує відносну яскравість навпроти стоячої будівлі; в залежності від оздоблювального матеріалу фасаду навпроти стоячої будівлі (кірпич) та її індексу в плані:

$$Z_1 = \frac{l_n \cdot l}{(h + l) \cdot a} = \frac{20 \cdot 19}{(10 + 19) \cdot 2,1} = 6,$$

$$Z_2 = \frac{H \cdot l}{(h + l) \cdot h_1} = \frac{4 \cdot 19}{(10 + 19) \cdot 4} = 0,65,$$

за таблицею коефіцієнт $R = 0,205$.

Отже:

$$E = 0,01 \cdot (0,5 \cdot 33) = 1,05(\%);$$

$$E = 0,01 \cdot (0,2 \cdot 25) = 0,5(\%);$$

$$\varepsilon_o^p = (1,05 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,255) \cdot 4,45 \cdot 0,486 / 1,3 = 1,4(\%).$$

Таким чином $\varepsilon_o^p = 1,4\% > e_n = 1,26\%$, отже вибрані розміри світлових проїмів забезпечують вимоги нормативів по природному освітленню приміщення.

6.4 Пожежні заходи

За ступенем вогнестійкості приміщення відноситься до I ступеня – приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів.

У відповідності з ОНТТ1 24-86 усі виробництва поділяються на декілька категорій по пожежній вибуховій і вибухопожежній безпеці. Дільниця механічної обробки відноситься до категорії Д – виробництво, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Визначення категорії приміщення

Категорія приміщення	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	1	не обмежується

Границі вогнестійкості наведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Мінімальні границі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, козовури, балки	Ненесучі конструкції перекрить	Елементи покриття
Несучі та поверхових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні ненесучі (перегородки)				
2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1/0	1/0	0,5/0

При проектуванні виробничих приміщень передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з СНиП 2.01.02-85: висота від підлоги донизу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 м; висота від підлоги донизу виступаючих частин комунікацій і обладнання на місцях регулярного надходження людей і на шляхах евакуацій не менше 2 м, а в місцях нерегулярного приходу людей – не менше 1,8 м.

Кількість евакуаційних виходів не повинна складати менше двох з кожного поверху. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись окремо. Кількість людей на 1 м евакуаційного виходу (дверей) для приміщень І ступені вогнестійкості категорії Д – 260 чоловік. Відповідно до таблиці визначаємо відстань по коридорам до виходу і розміщення виходів.

Таблиця 6.7 – Відстань до виходу

Розміщення виходів	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості	Відстань по коридорам до виходу, м
Між двома зовнішніми виходами	Д	1	Більше/120

Для запобігання пожеж в механічному цеху необхідно провести ряд заходів по ТБ:

- установити пожежні сповісники;
- навчити робітників елементарним правилам та основам вогнегасіння;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробовування обладнання;
- підвести на ділянці аварійне водопостачання;
- установити повний комплекс пожежного щита.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено маршрут механічної обробки для деталі "Диск П1", в якому використовується обладнання із ЧПК. Визначено тип виробництва, який є середньосерійним. Відповідно до матеріалу, маси та типу виробництва обрано два способи отримання заготовки – штамповка на ГKM і штамповка на КГШП, за техніко-економічним порівнянням обрано кращим способом отримання заготовки штампування на КГШП.

Враховуючи форму заготовки, попередньо обрані технологічні бази та кількість ступенів механічної обробки побудовано маршрут механічної обробки, який містить 4 операції. Для визначення технологічних розмірів, припусків і уточнення розмірів заготовки виконано розмірний аналіз. За його результатами, уточнення призначених припусків та допусків конструкторських, технологічних розмірів та розмірів заготовок проводити не потрібно. Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно. Штучно-калькуляційний час на механічну обробку деталі становить 11,9 хв.

Крім того виконано попереднє проектування ділянки механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 4. На ділянці має працювати 6 робітників. Верстати здебільшого завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 55,75%. Для ефективної роботи обладнання частину токарних чистових операцій можна перенести на верстат 160НТ, який слабо завантажений.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2391:2010. Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2010-12-09]. Вид. офіц. Київ, 2010. 35 с.
2. Лапковський С.В., Солдатова М.О. Кількісна оцінка технологічності. Materiály VII Mezinárodní vědecko-praktická konference “Zprávy vědecké ideje — 2011”. Díl 20. Technické vědy. Praha. Publishing House „Education and Science” s.r.o. — 2011. Str. 27 — 29.
3. Лапковський С.В., Савлюк С.А., Солдатова М.О. Кількісне оцінювання технологічності. Вісник НТУУ «КПІ»: Серія Машинобудування, №64, 2012. С. 150-155.
4. Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні [Текст]: практикум. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.
5. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування [Текст]: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
6. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк , І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 106 с.
7. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. [Чинний від 2021-05-01]. Вид. офіц. Київ, 2020. 16 с.
8. М. І. Іванов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування [Текст]: навчальний посібник. – Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
9. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилів отворів і валів (ISO 286-2:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2003. 47 с.

10. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2003. 15 с.
11. Ткачук К. Н. Основи охорони праці [Текст]: підручник / [К.Н. Ткачук та ін.]. Київ: Основа, 2003. 472 с.
12. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
13. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
15. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

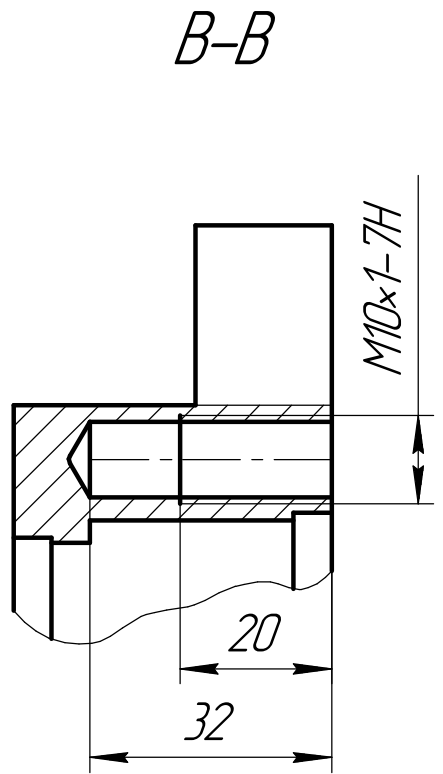
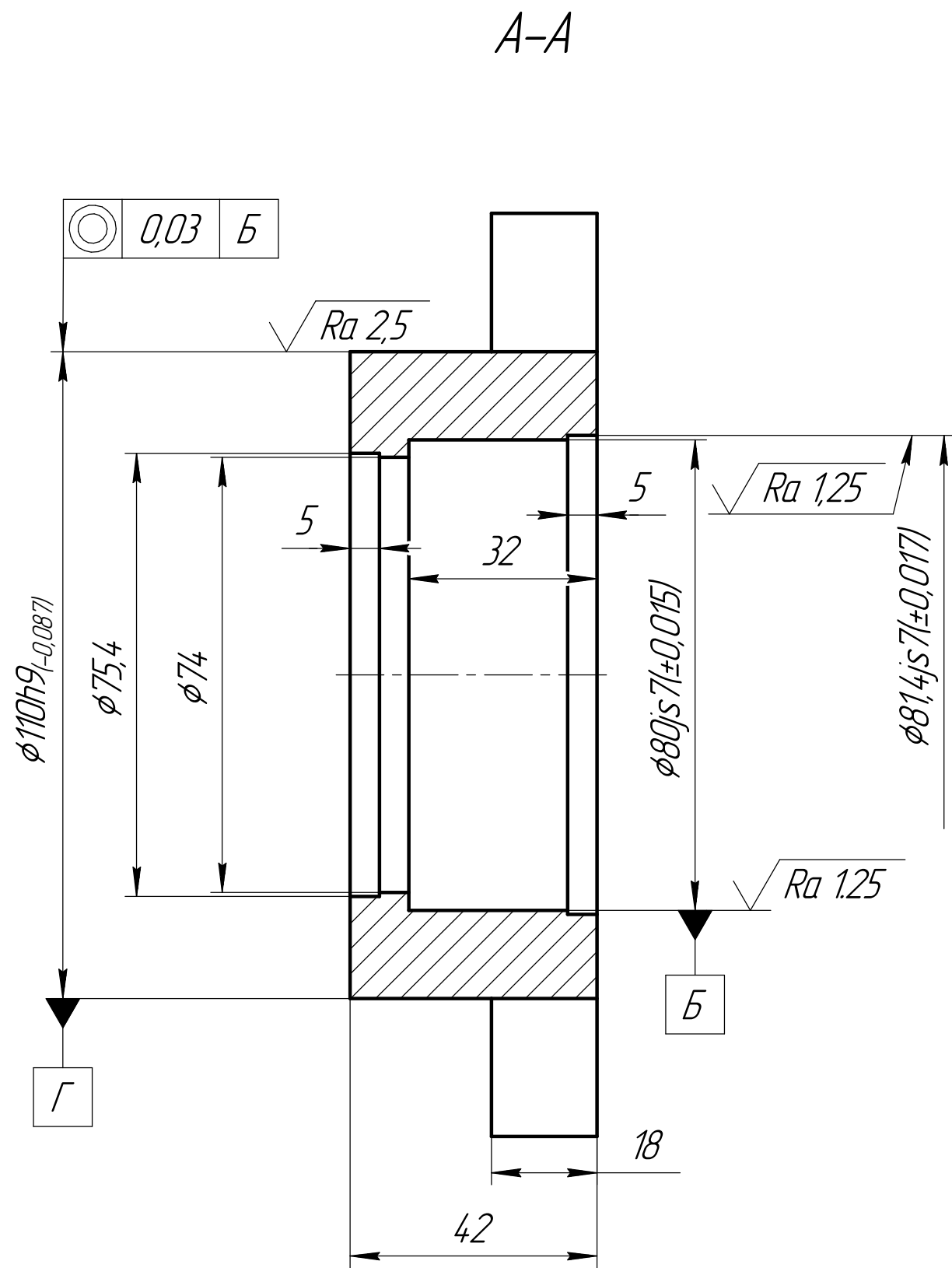
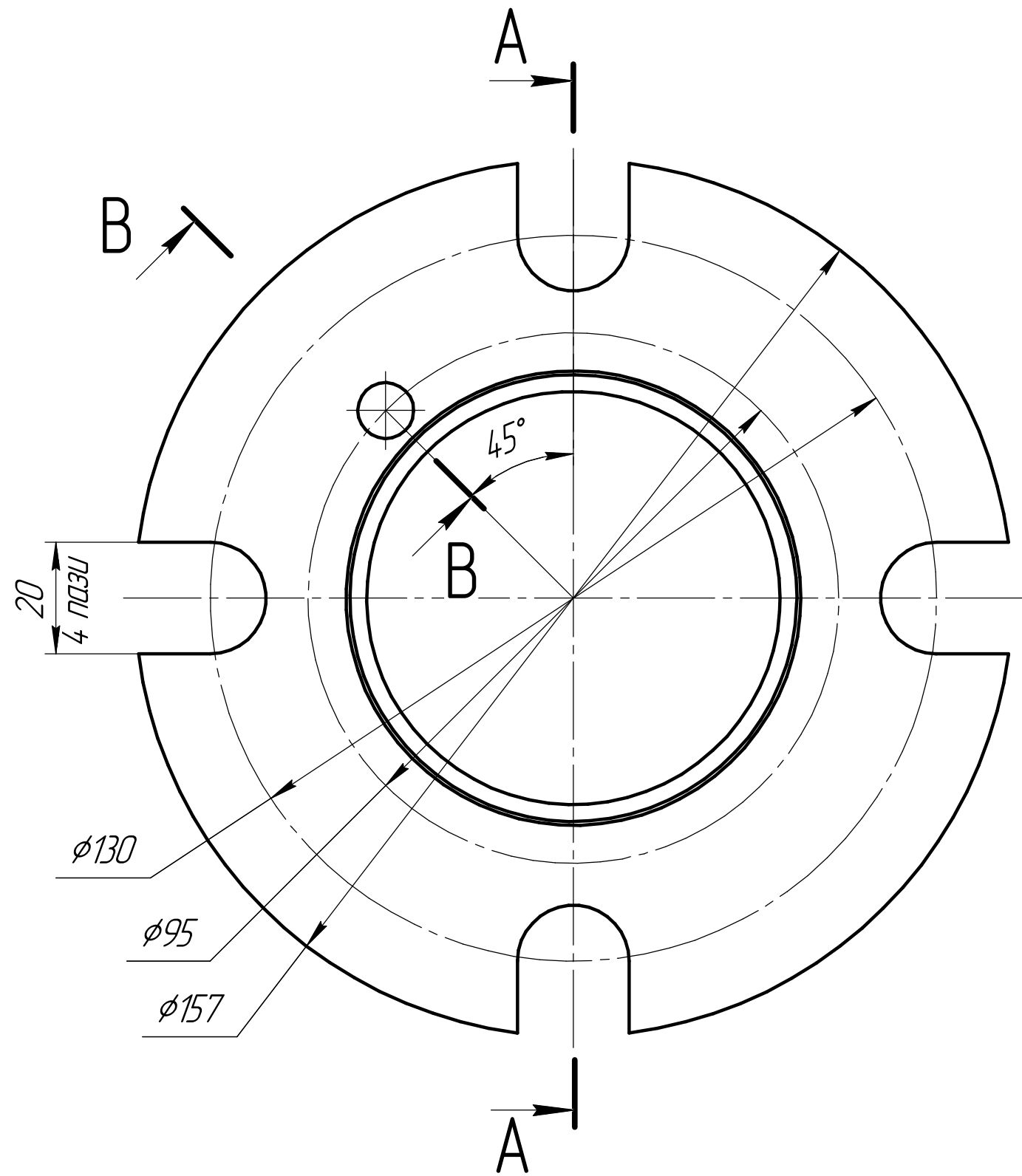
Додатки

Додаток А

Графічна частина

08-64.БДР.019.00.001

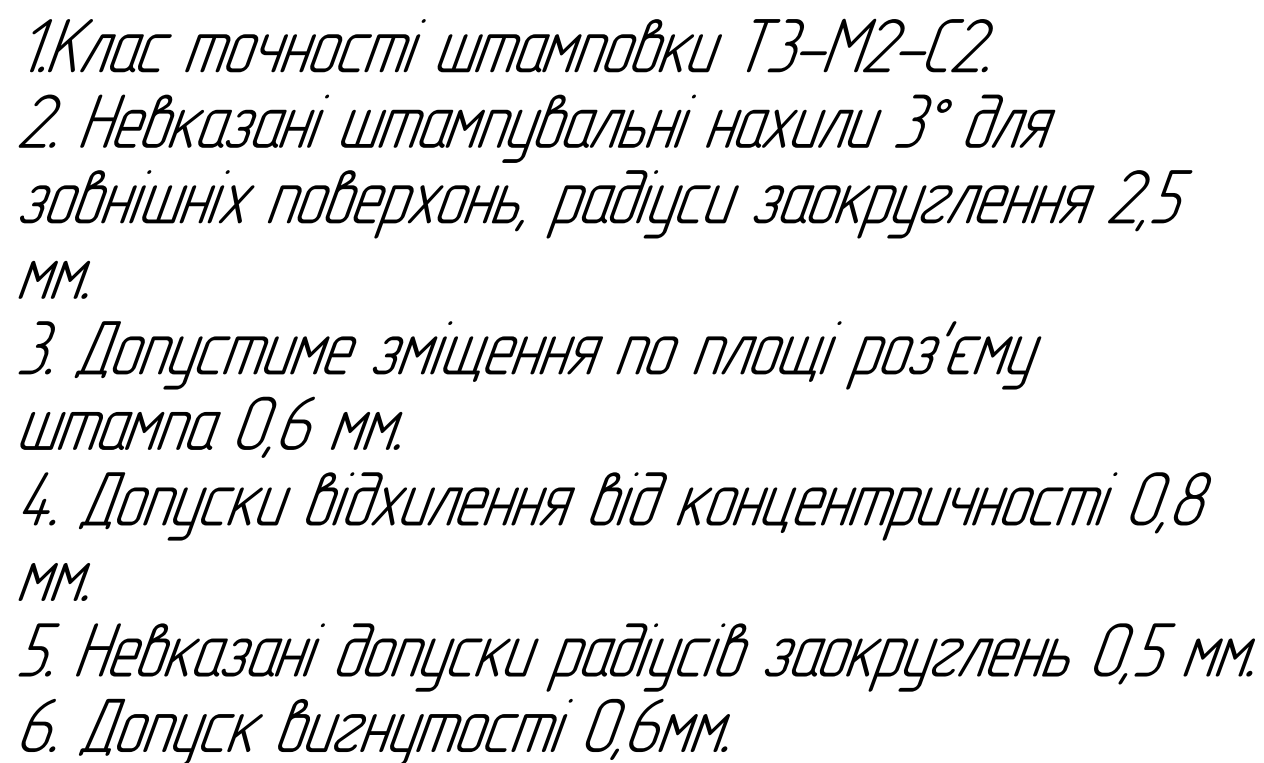
$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$



- 30...35 HRC
- H12, h12, $\pm \frac{IT12}{2}$
- Гострі кромки притупити.

				08-64.БДР.019.00.001				
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Диск П1	Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Попушой О.В.					2,73	1:1	
Проб.	Савуляк В.В.							
Т.контр.					Лист	Листов 1		
Н.контр.	Лозинский Д.О.			Сталь 45 ГОСТ 1050-88	ВНТУ, зр. 1ПМ-208			
Утв.	Козлов Л.Г.							

$\times$
|

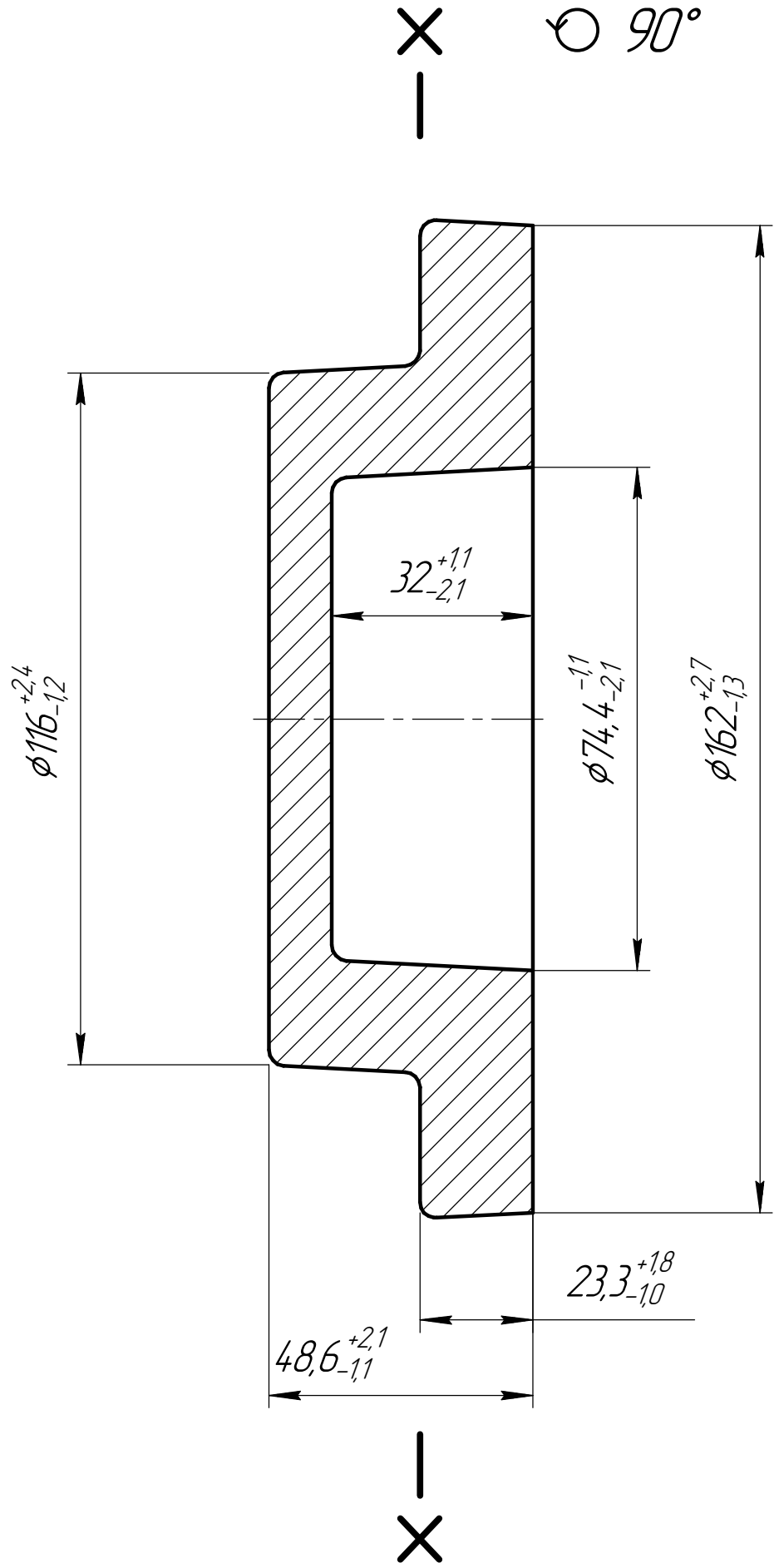


					08-64.БДР.019.00.003				
					Диск П1 (заготовка на КГШП)	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.	Папушой О.В.			06.06.24			4,33	1:1	
Пров.	Савуляк В.В.			06.06.24					
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.	Лозінський Д.О.			07.06.24	Сталь 45 ГОСТ 1080-88	ВНТУ, зр. 1ПМ-2008			
Утв.	Козлов Л.Г.			07.06.24					

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.

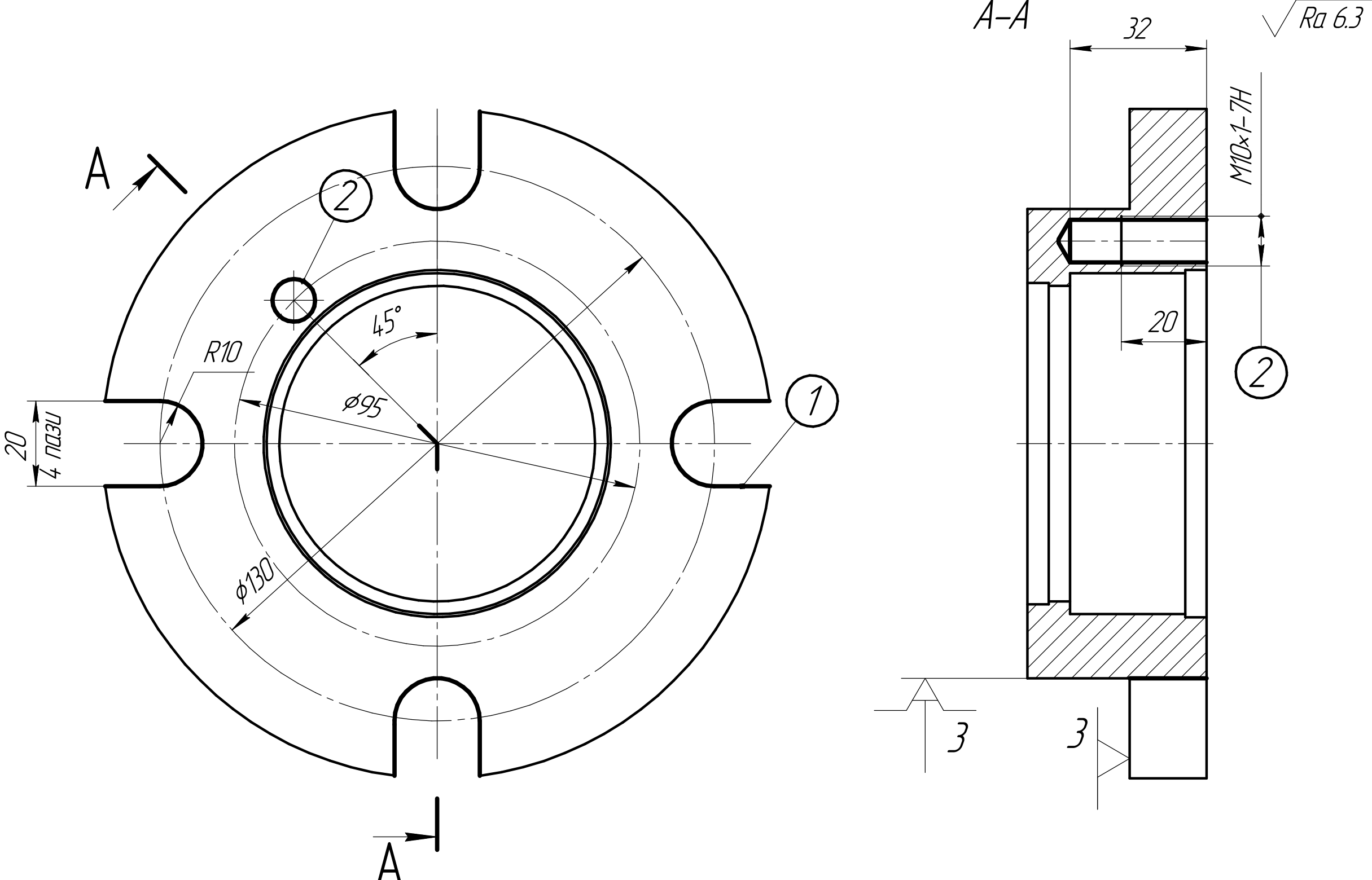
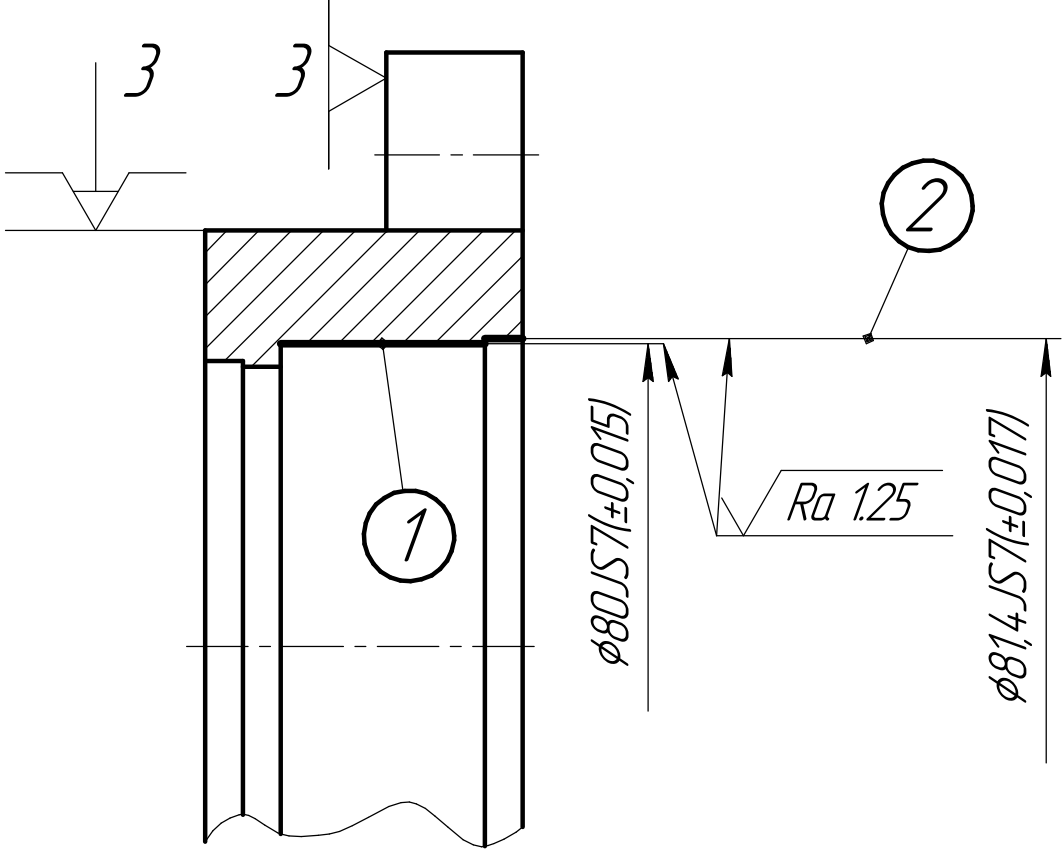
08-64.БДР.019.00.002

✓ Ra 80 (✓)

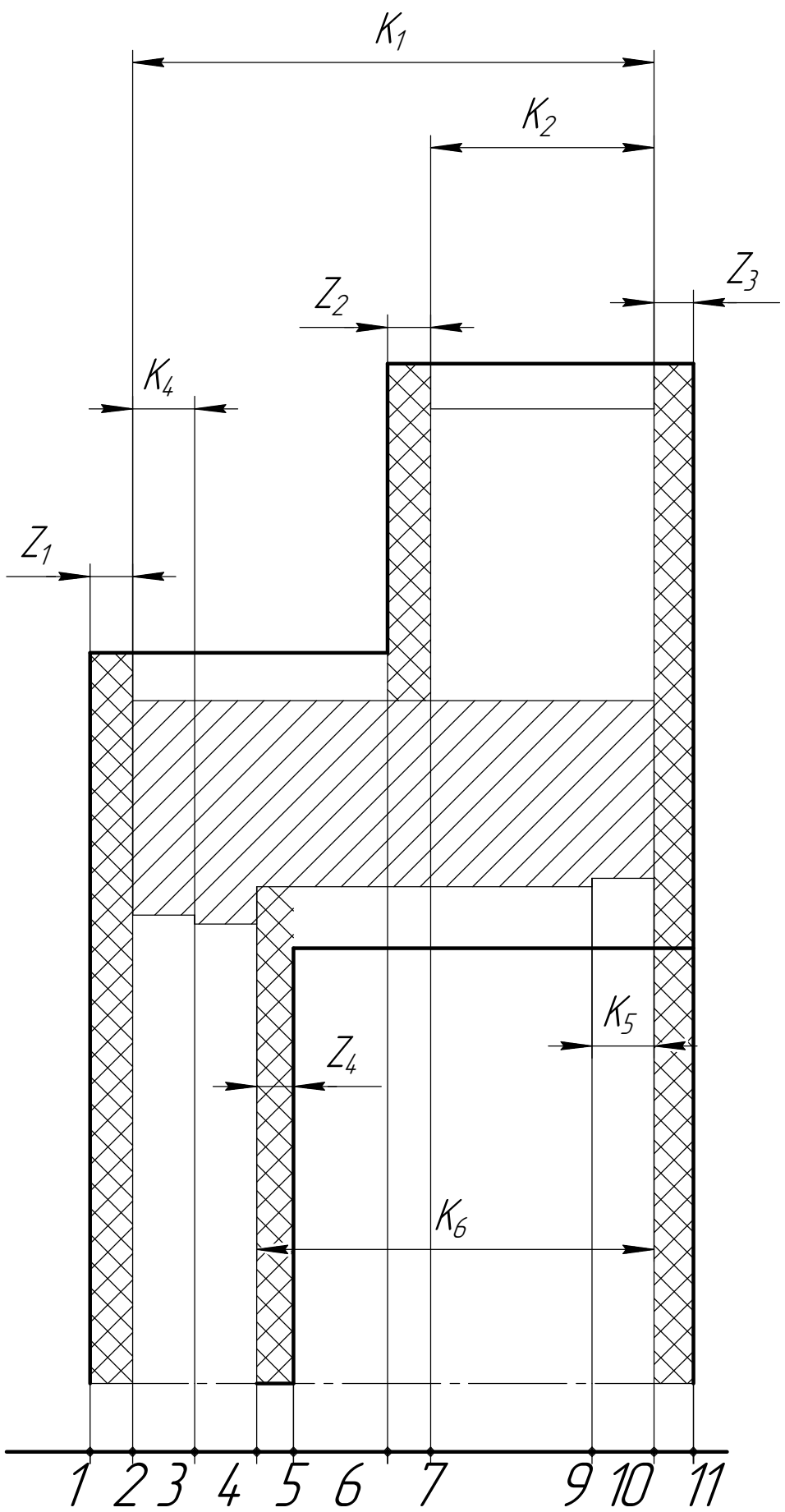


1. Клас точності штамповки Т5-М2-С2.
2. Невказані штампувальні нахили 3° для зовнішніх поверхонь, радіуси заокруглення 2,5 мм.
3. Допустиме зміщення по площі роз'єму штампа 0,8 мм.
4. Допуски відхилення від концентричності 1,5 мм.
5. Невказані допуски радіусів заокруглень 2 мм.
6. Допуск вигнутості 1 мм.

					08-64.БДР.019.00.002				
					Диск П1 (заготовка на ГКМ)	Лист	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			4,8	1:1	
Разраб.	Папушой О.В.								
Пров.	Савуляк В.В.								
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.	Лозінський Д.О.				Сталь 45 ГОСТ 1080-88	ВНТУ, зр. 1ПМ-208			
Утв.	Козлов Л.Г.								

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки	Обладнання
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Фрезерувати 4 пази 1. 3. Центрувати отвір 2. 4. Свердлити отвір 2 діаметром 9,8 мм. 5. Нарізати різь в отворі 2 згідно ескізу 6. Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13ФЗ
020	Токарна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Розточити поверхню 1 в розмір ϕ, і поверхню 2 в розмір ϕ 3. Розточити поверхні 1 і поверхні 2 згідно ескізу. 3. Зняти заготовку.		Токарний верстат високої точності з ЧПК з ЧПК моделі 160НТ

Розмірний аналіз технологічного процесу

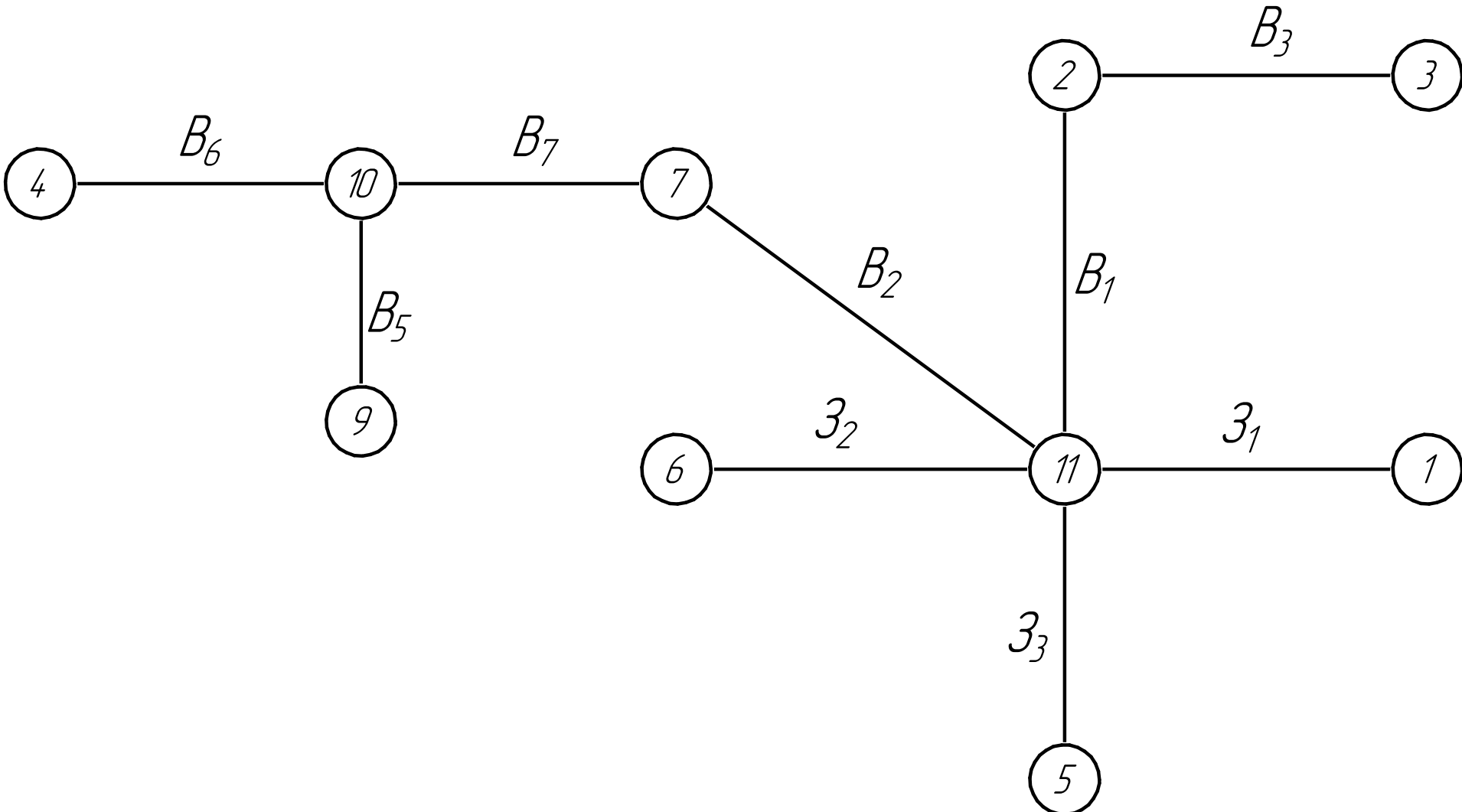


010

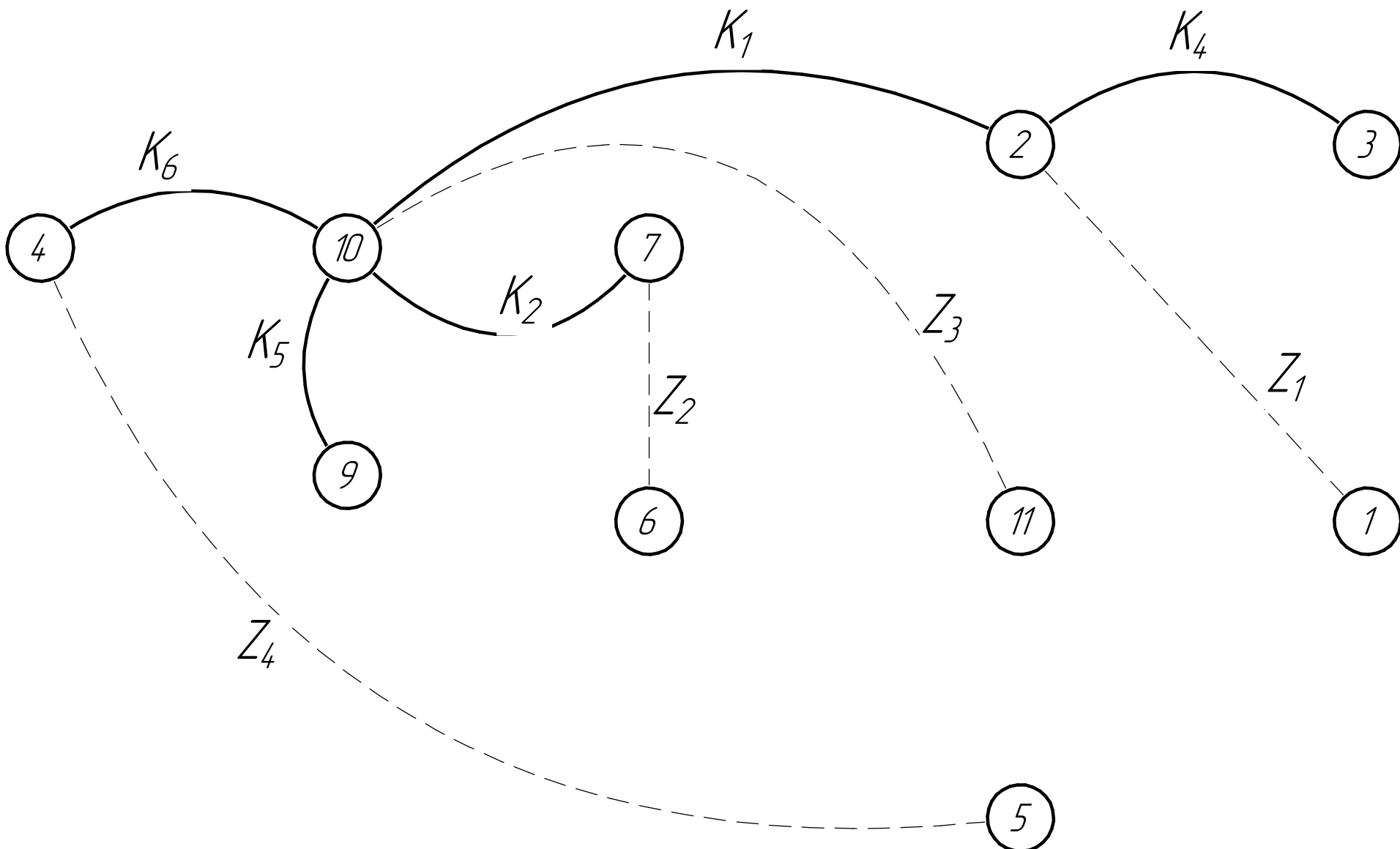
005

000

Похідний граф



Вихідний граф



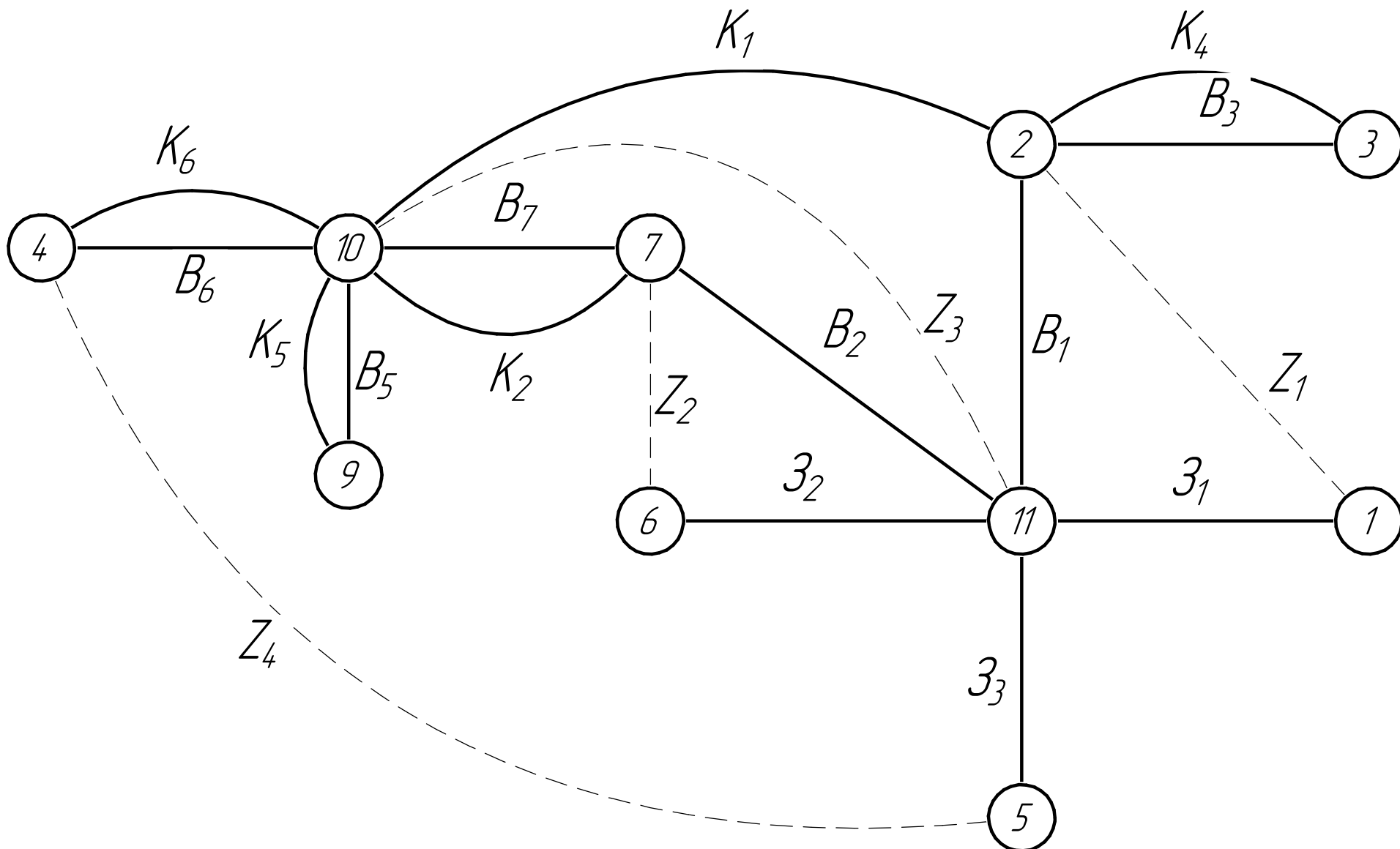
Міжопераційні припуски

Позначення припусків	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Мінімальне значення	1,2	1,0	1,2	1
Максимальне значення	4,5	4	2,33	4,3 5

Технологічні розміри і розміри заготовки

Позначення	B_1	B_2	B_3	B_5	B_6	B_7	Z_1	Z_2	Z_3
Допуск, мм	1	0,7	0,3	0,3	0,62	0,43	2,3	2,3	1.6
Мінімальне значення	43,71	19,2	4,85	4,85	31,69	17,57	45,91	20,9	30,29
Максимальне значення	44,71	19,9	5,15	5,15	32,31	18	48,21	23,2	31,89
Розмір на кресленні	44,7-1	19,9-0,7	5±0,15	5±0,15	32±0,31	18-0.43	48,21-2,3	23,2-2,3	31,09±0,8

Суміщений граф



08-64.БДР.019.00.400.П/1			
Розмірний аналіз технологічного процесу			
Лист	Масштаб	Масштаб	
1		1:1	
Лист	Листов	1	
ВНТУ, гр. 1ПМ-205			

Ізм. Лист

№ док.м.

Підп.

Дата

Розроб.

Лопушан О.В.

16.06.24

Проб.

Савуляк В.В.

16.06.24

Т.контр.

Н.контр.

Лозинський Д.О.

07.06.24

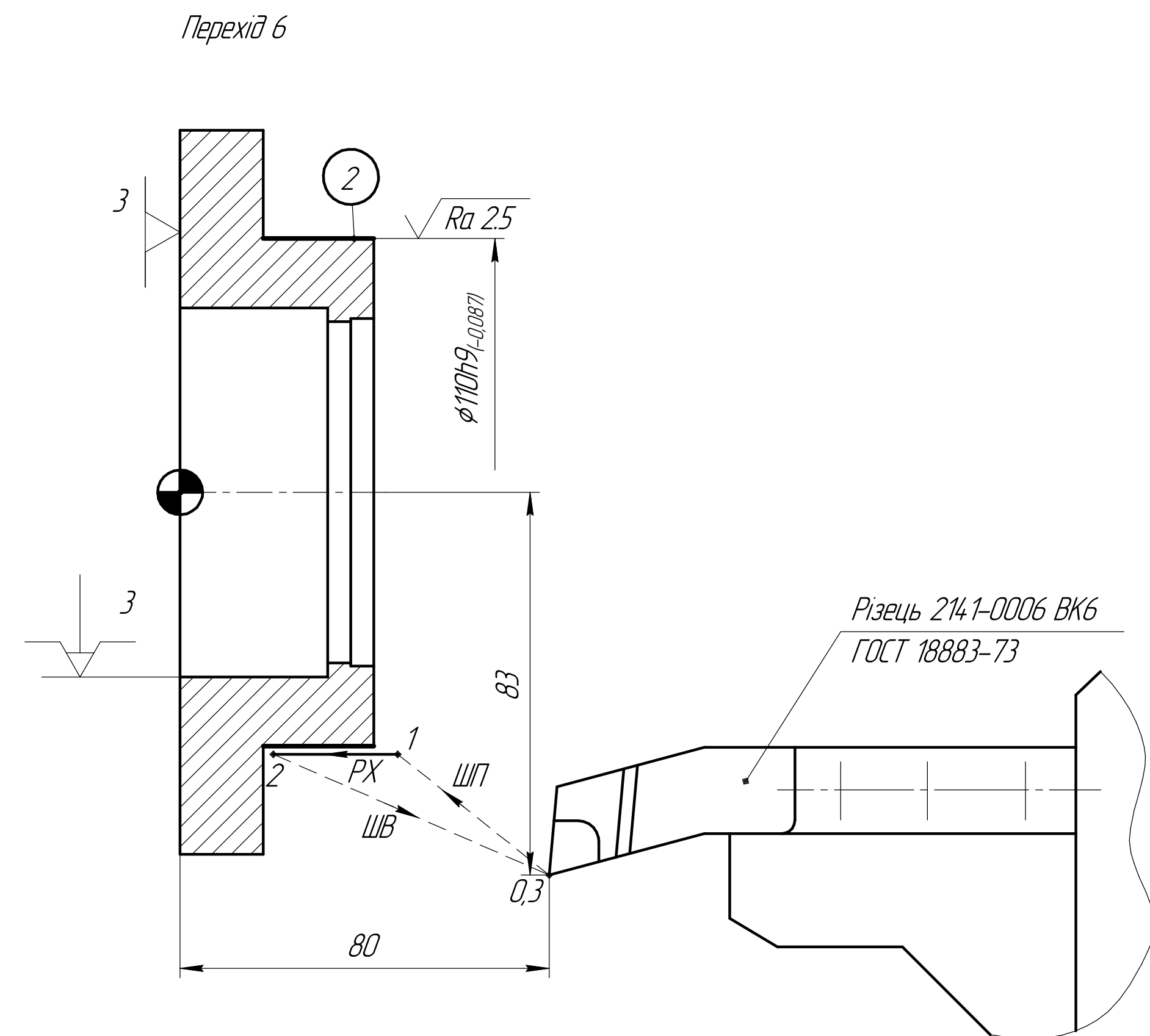
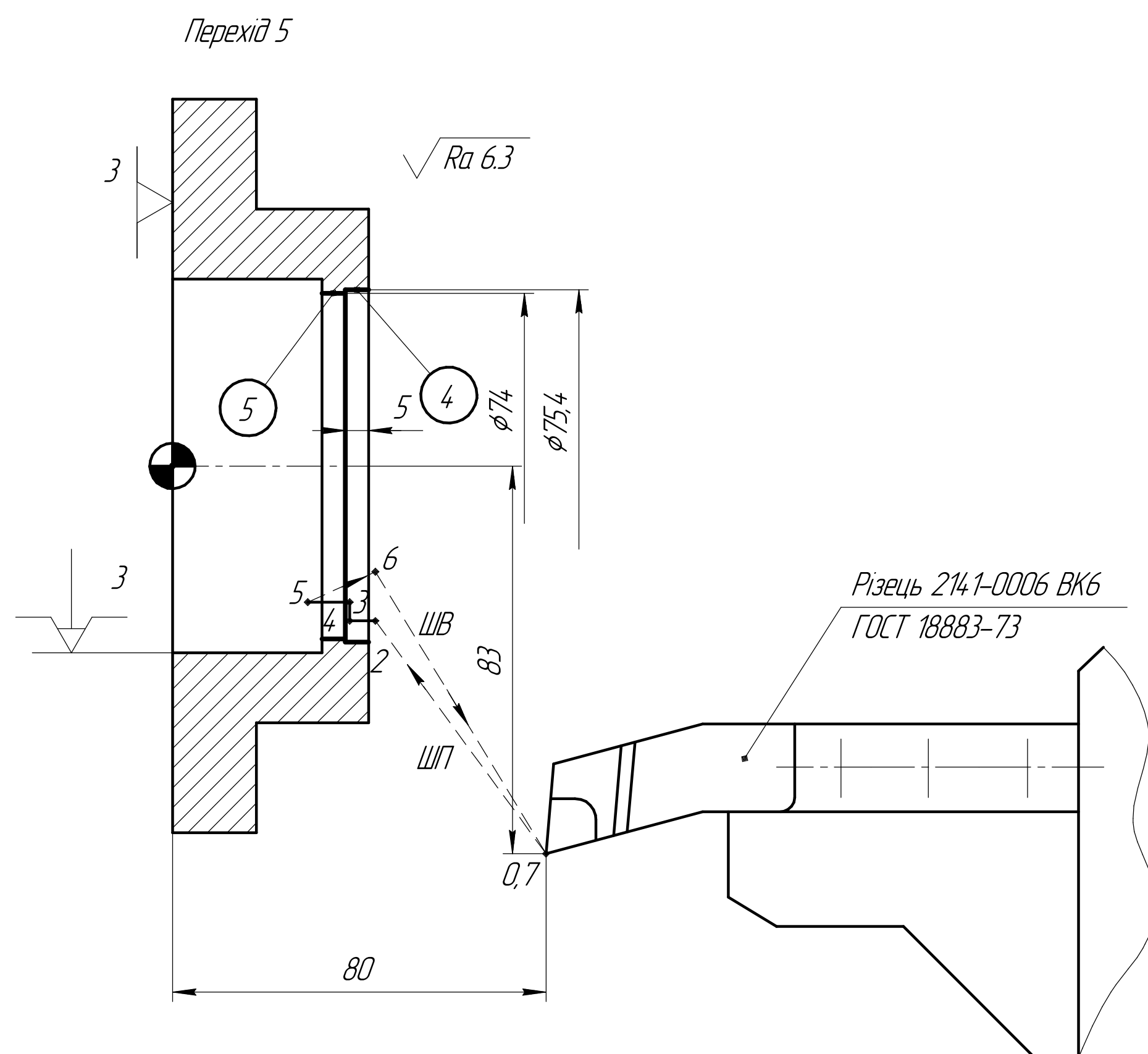
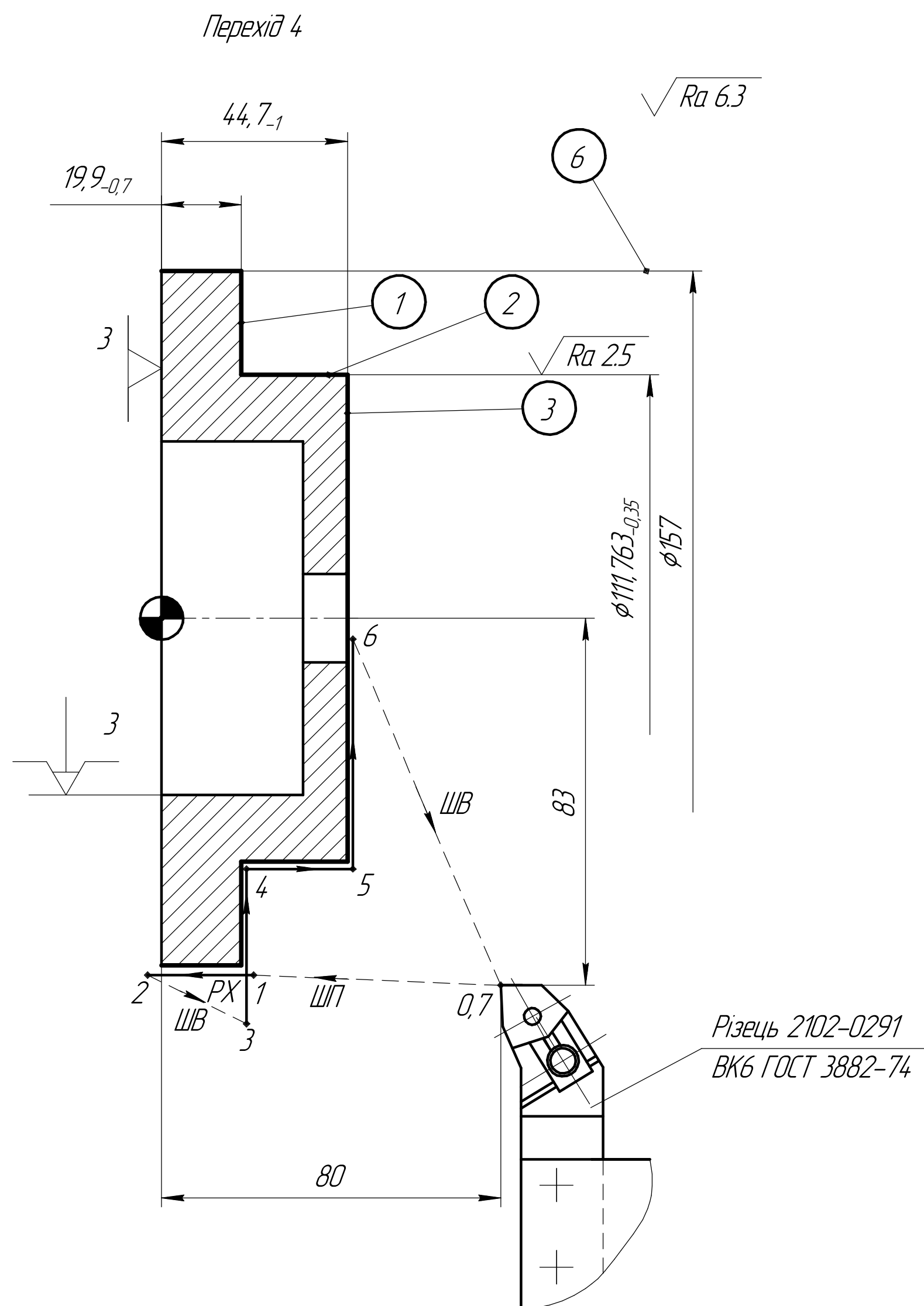
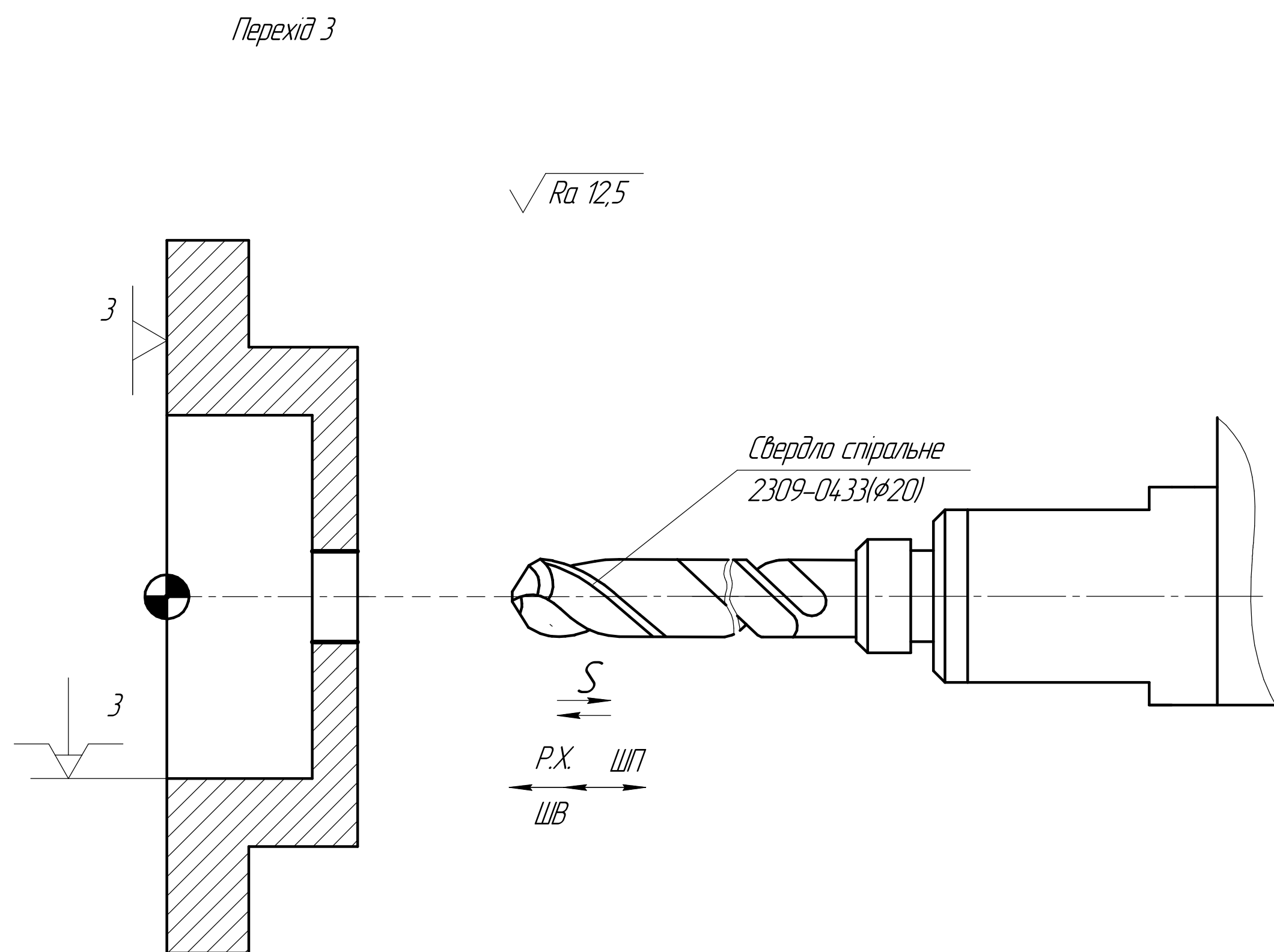
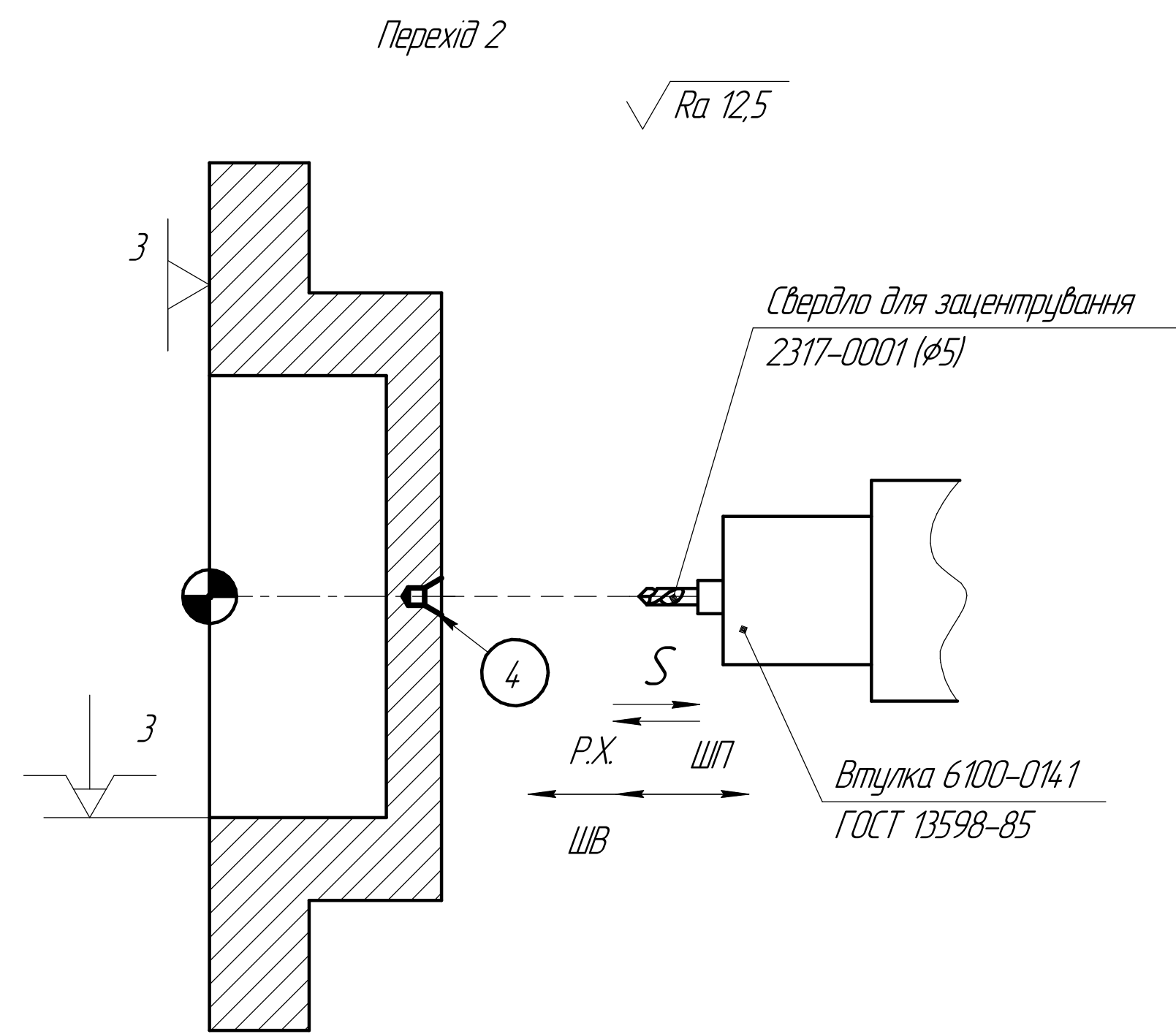
Утв.

Козлов Л.Г.

07.06.24

Копіюваль

Формат А1



005	6	Розточити поверхню 2 остаточно	0,2	0,6	109	1100		
	5	Розточити поверхні 4 і 5 однократно	0,8	2,0	109,1	635		
	4	Точити поверхню 6 однократно	0,4	1,5	125,4	250		
		Підізнати тарці 1 і 3 однократно	0,25	1,5	110,7	350		
	3	Свердлити поверхні 4 і 5 напрохід	0,8	10	109,8	660		
2	Центрувати поверхню 4 і 5	0,3	1,5	27	1700			
N операції	N паралелю	Токарно-револьверна з ЧПК	1В340Ф30		S, мм/об	t, мм	V, м/хв	n об/хв
		Найменування операції	Обладнання					
					Режимі різання			
					08-64.БДР.019.00.300			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Карта налагодження на операцію 005				
Розроб.	Лилишова О.В.		16.06.24					
Проб.	Савилюк В.В.		16.06.24					
Т.контр.								
Н.контр.	Лозинський Д.О.		07.06.23	ВНТУ, гр.ІТМ-208				
Читв.	Козлов Л.Г.		07.06.24					
				Лист	Листов			