

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

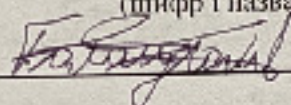
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ “ШКІВ 028.КП.01.008”»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

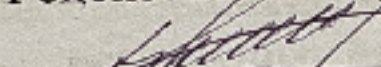
 Андрій БАЛАНДЮК

Керівник: ст. викладач каф. ТАМ

 Наталія СЕМІЧАСНОВА

« 06 » 06 2024 р.

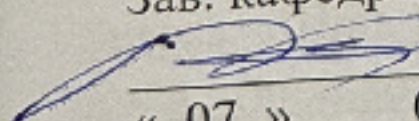
Рецензент: к.т.н., доц., зав. каф. АТМ

 Сергій ЦИМБАЛ

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

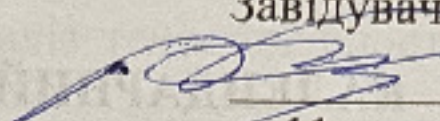
 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 07 » 06 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
(шифр і назва)
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)
Освітньо-професійна програма –
Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Баландюку Андрію Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008»

Керівник роботи Семічаснова Наталія Степанівна, ст. викладач,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 11 » березня 2024 року № 80

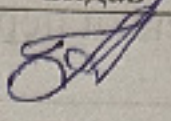
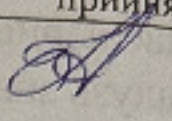
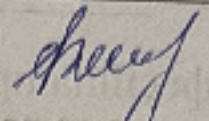
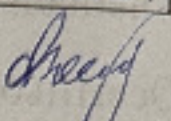
2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Шків 028.КП.01.008»; річна програма випуску 15 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Диски»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Шків 028.КП.01.008» (A2); 3D-модель деталі «Шків 028.КП.01.008» (A1); шків (виливки) (A2); маршрут механічної обробки (2A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 005) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

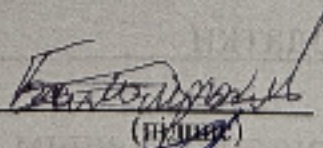
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Наталія СЕМІЧАСНОВА, ст. викладач кафедри ТАМ	 11.03.24 р.	 06.06.24 р.
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	 27.05.24 р.	 06.06.24 р.

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

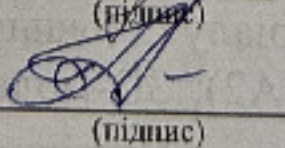
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24 р.	20.03.24 р.	виконано
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24 р.	26.04.24 р.	виконано
3	Виконання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

Студент


(підпис)

Андрій БАЛАНДЮК

Керівник роботи


(підпис)

Наталія СЕМІЧАСНОВА

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 79 сторінок формату А4, на яких є 13 рисунків, 35 таблиць, список використаних джерел містить 27 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Диски», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу, проведені розрахунки припусків на обробку, режимів різання та технічних норм часу.

В розділі розрахунку елементів ділянки механічної обробки визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів, коефіцієнти завантаження та кількість працюючих на ділянці.

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: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, режими різання, норми часу, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 79 A4 pages, which have 13 figures, 35 tables, the list of sources used contains 27 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Pulley 028.KP.01.008».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Discs» type was carried out, an analysis of the manufacturability of the design of the part was carried out, a method for manufacturing a workpiece was selected taking into account the technical and economic comparison of options, a technological process was designed, a dimensional analysis of the technological process was performed, calculations of processing tolerances, cutting modes were carried out and technical standards.

In the section for calculating the elements of the machining section, the given program is defined, the number of machines, load factors and the number of workers on the site are calculated.

In the labor protection section, such issues as the causes of occurrence, the effect on the human body and the regulation of harmful and dangerous production factors in the production room are worked out, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are considered.

Keywords: technological process, machining, workpiece, part, cutting conditions, time standards, machining section.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ»	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Диски»	12
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ШКІВ 028.КП.01.008»	16
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	16
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	20
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	20
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	21
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	27
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	27
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	29
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	31
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$	31
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	33
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	35
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	38
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	45
2.3.6 Визначення режимів різання	46
2.3.7 Визначення технічних норм часу	52

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ШКІВ 028.КП.01.008»	56
3.1 Розрахунок приведеної програми	56
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	61
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	64
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
4.1 Аналіз умов праці	68
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	70
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	74
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТКИ	80
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	80
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	81

ВСТУП

Актуальність. Одним із важливіших питань економічної стратегії розвитку держави є прискорення науково-технічного прогресу шляхом широкого запровадження у промисловості передової техніки, прогресивних технологічних процесів та гнучких виробництв. Ключова роль у матеріалізації новітніх досягнень науки та техніки відводиться машинобудуванню.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Диски»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 2]:

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

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Шків 028.КП.01.008», дані занесено до табл. 1.1.

- Точити торець $\varnothing 208,4_{-0,29}$ однократно.
- Точити поверхню $\varnothing 208,4_{-0,29}$ однократно.
- Зенкерувати $\varnothing 28H9^{+0,052}$ однократно.
- Розвернути отвір $\varnothing 28H9^{+0,052}$ однократно.
- Точити паз шківа однократно.

Визначаємо штучно-калькуляційний час для кожного переходу [1, 2]:

$$T_{шт-к.} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (1.2)$$

$$T_{o1} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,37 \cdot (208,4^2 - 25^2) \cdot 10^{-3} = 1,58 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o2} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 208,4 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,885 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o3} = 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 28 \cdot 69 \cdot 10^{-3} = 0,405 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o4} = 0,43 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,43 \cdot 28 \cdot 69 \cdot 10^{-3} = 0,83 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o5} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,37 \cdot (208,4^2 - 176^2) \cdot 10^{-3} = 0,461 \text{ (хв.)}.$$

Визначаємо $T_{шт-к.}$ час за формулою

$$T_{\text{шт} - \kappa, 1} = T_o \cdot \varphi_{\kappa} \text{ [хв.]}, \quad (1.3)$$

де φ_{κ} – коефіцієнт, що залежить від типу верстата;

$$\varphi_{\kappa 1} = 1,36; \quad T_{\text{шт} - \kappa, 1} = 1,36 \cdot 1,58 = 2,15 \text{ (хв.)};$$

$$\varphi_{\kappa 2} = 1,36; \quad T_{\text{шт} - \kappa, 2} = 1,36 \cdot 0,885 = 1,2 \text{ (хв.)};$$

$$\varphi_{\kappa 3} = 1,3; \quad T_{\text{шт} - \kappa, 3} = 1,3 \cdot 0,405 = 0,53 \text{ (хв.)};$$

$$\varphi_{\kappa 4} = 1,3; \quad T_{\text{шт} - \kappa, 4} = 1,3 \cdot 0,83 = 1,08 \text{ (хв.)};$$

$$\varphi_{\kappa 5} = 1,36; \quad T_{\text{шт} - \kappa, 5} = 1,36 \cdot 0,461 = 0,63 \text{ (хв.)}$$

Розрахунок кількості верстатів для виконання переходів механічної обробки

$$C_p = \frac{N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт} - \kappa}}{60 \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}; \quad (1.4)$$

де $N_{\text{пр}}$ – приведена програма випуску; $\Phi_{\text{д}} = 3890$ год. – дійсний річний фонд часу (при двозмінній роботі) для верстатів з ЧПК; $\eta_{\text{з.н.}} = 0,7$ – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів (для великосерійного виробництва).

$$C_{p1} = \frac{15000 \cdot 2,15}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,2; \quad C_{\text{пр}} = 1;$$

$$C_{p2} = \frac{15000 \cdot 1,2}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,11; \quad C_{\text{пр}} = 1;$$

$$C_{p3} = \frac{15000 \cdot 0,53}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,048; \quad C_{\text{пр}} = 1;$$

$$C_{p4} = \frac{15000 \cdot 1,08}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,1; \quad C_{\text{пр}} = 1;$$

$$C_{ps} = \frac{15000 \cdot 0,63}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,06 ; \quad C_{np} = 1 .$$

Розраховані значення занесемо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Перехід механічної обробки	$T_o \cdot 10^{-3}$	φ_x	$T_{\text{нмт-к}}$	C_n	C_{np}	$\eta_{z,\phi}$	$\eta_{z,n}$	O	$K_{z,\phi}$
Точити торець Ø208,4 _{-0,29} однократно	$0,037 \times$ $\times (D^3 - d^3)$	1,36	2,15	0,2	1	0,2	0,7	4	9
Точити поверхню Ø208,4 _{-0,29} однократно	$0,17 \cdot d \cdot l$	1,36	1,2	0,11	1	0,11	0,7	7	
Зенкерувати Ø28H9 ⁺⁰⁰⁵² однократно	$0,21 \cdot d \cdot l$	1,3	0,53	0,048	1	0,048	0,7	15	
Розвернути отвір Ø28H9 ⁺⁰⁰⁵² однократно	$0,43 \cdot d \cdot l$	1,3	1,08	0,1	1	0,1	0,7	7	
Точити паз шків однократно	$0,037 \times$ $\times (D^3 - d^3)$	1,36	0,63	0,06	1	0,06	0,7	12	

Для виконання кожного з переходів механічної обробки прийнято по одному верстату:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 .$$

Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою

$$\eta_{z,\phi} = \frac{C_p}{P}, \quad (1.5)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів;

P – прийнята кількість верстатів.

$$\eta_{z,\phi,1} = \frac{0,2}{1} = 0,2 ;$$

$$\eta_{z,\phi,2} = \frac{0,11}{1} = 0,11 ;$$

$$\eta_{\pi,\phi,3} = \frac{0,048}{1} = 0,048 ;$$

$$\eta_{\pi,\phi,1} = \frac{0,1}{1} = 0,1 ;$$

$$\eta_{\pi,\phi,5} = \frac{0,06}{1} = 0,06 .$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою

$$O = \frac{\eta_{\pi,\pi}}{\eta_{\pi,\phi}} = 0,2 . \quad (1.6)$$

$$O_1 = \frac{0,7}{0,02} = 3,5 ; \quad P = 4;$$

$$O_2 = \frac{0,7}{0,11} = 6,4 ; \quad P = 7;$$

$$O_3 = \frac{0,7}{0,048} = 14,58 ; \quad P = 15;$$

$$O_4 = \frac{0,7}{0,1} = 7 ; \quad P = 7;$$

$$O_5 = \frac{0,7}{0,06} = 11,67 ; \quad P = 12.$$

Коефіцієнт закріплення операцій згідно формули (1.1)

$$K_{\pi,\phi} = \frac{4 + 7 + 15 + 7 + 12}{5} = 9 .$$

Так як $1 < K_{\pi,\phi} < 10$ виробництво великосерійне.

Визначення форми організації робіт

Добовий випуску виробів та продуктивність лінії:

$$N_d = \frac{N_{np}}{254} = \frac{15000}{254} = 59 \text{ (шт.);} \quad (1.7)$$

$$Q_d = \frac{\Phi_d}{T_{\text{шт-к.с}} \cdot \eta_{\text{т.п.}}} = \frac{952 \cdot 5}{(2,15 + 1,2 + 0,53 + 1,08 + 0,63) \cdot 0,7} = 1238,6 \approx 1239 \text{ (шт.)}$$

$N_d < Q_d$, тобто доцільно обрати групову лінію. Організація потокової лінії недоцільна.

Визначаємо кількість деталей у партії:

$$n = \frac{N_{np} \cdot a}{254} \text{ [шт.],} \quad (1.8)$$

де $a = 2$ – кількість днів запасу (періодичність запуску деталей на обробку).

$$n = \frac{15000 \cdot 2}{254} = 118 \text{ (шт.)}$$

Розрахункове число змін:

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к.с}} \cdot n}{476 \cdot 0,7} = \frac{1,098 \cdot 118}{476 \cdot 0,7} = 0,39.$$

Кількість деталей в партії (для завантаження обладнання протягом цілого числа змін):

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,7 \cdot 0,1}{1,098} = 303,46.$$

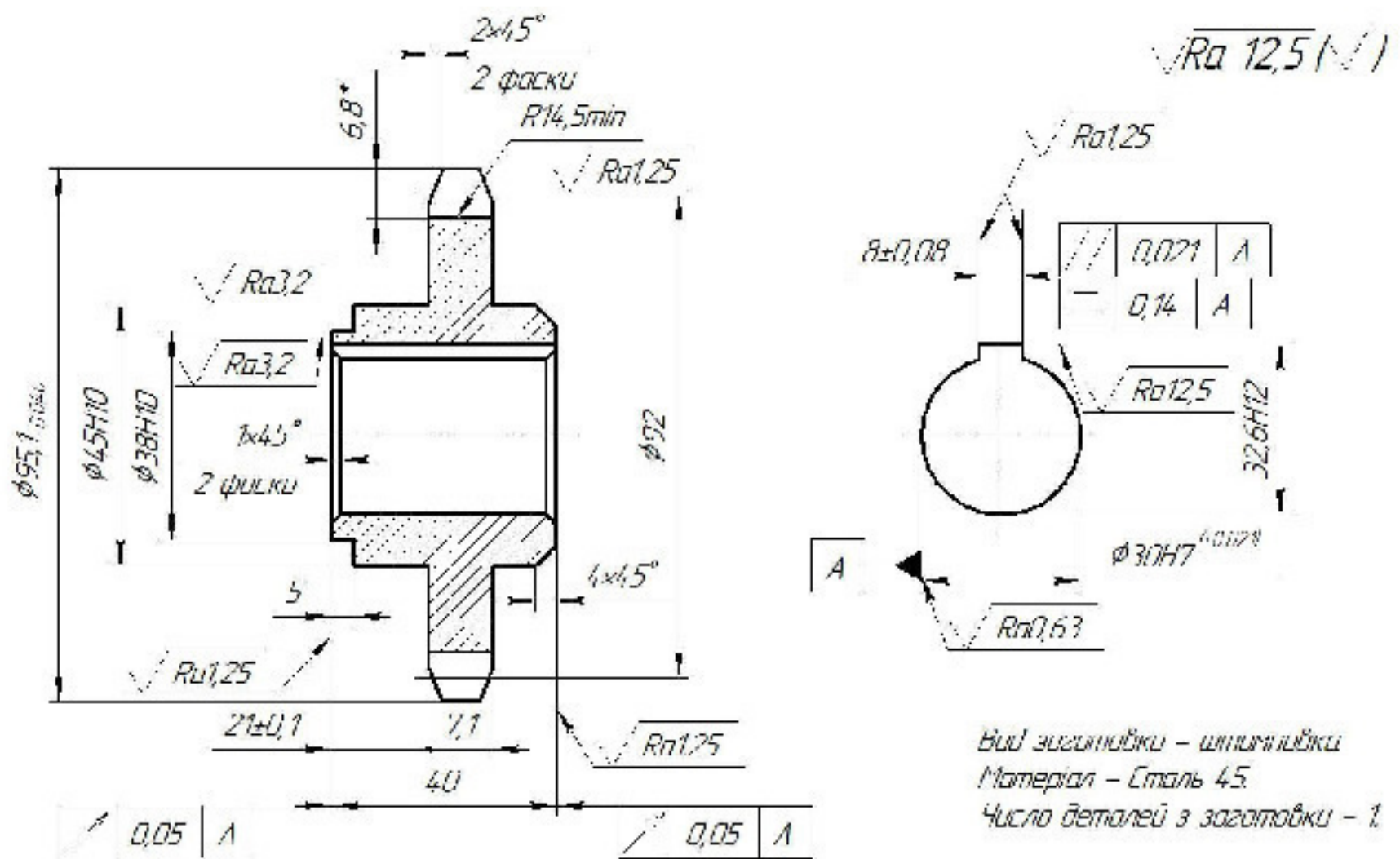
Приймаємо $n_{np} = 304$ шт.

Висновок. Тип виробництва великосерійний, форма організації роботи групова, кількість деталей в партії 304 шт.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Диски»

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталей «Шків 028.КП.01.008» відноситься до класу «Диски» циліндричної форми з наскрізним циліндричним отвором $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$ [1-8].

Ескіз подібної деталі (рис. 1.1) та її маршрут механічної обробки показано в табл. 1.2.



Зубці обробити ТВЧ на глибину 1...3 мм до твердості 45...50 HRC.

Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $\pm \frac{IT14}{2}$.

Клас точності – 2, крок спряженого ланцюга – 12,7, діаметр ролика – 8,51.

Рисунок 1.1 – Ескіз типової деталі «Зірочка»

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки деталі «Зірочка»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Відрізати заготовку	Абразивно-відрізний 8Б262	Лещата
010	Кування		
015	Термічна обробка		
020	Підрізати торці $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ і $\varnothing 45/\varnothing 30H7$ попередньо, обточити зовнішню поверхню $\varnothing 95,1_{-0,46}$ і $\varnothing 45$ попередньо. Розточити і обточити фаски.	Токарний напівавтомат з ЧПК КТ141	Трикулачковий патрон
025	Підрізати торці $\varnothing 38/\varnothing 30H7$ і $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ попередньо. Обточити зовнішні поверхні $\varnothing 38$ і $\varnothing 45$ попередньо. Розточити і обточити фаски.	Токарний напівавтомат з ЧПК КТ141	Трикулачковий патрон
030	Протягнути отвір $\varnothing 30H7$	Горизонтально-протяжний 7512	Жорстка опора
035	Протягнути паз В=8Н9 остаточно	Горизонтально-протяжний 7512	Напрямна втулка
040	Підрізати торці $\varnothing 38/\varnothing 30H7$ і $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ остаточно. Обточити зовнішні поверхні $\varnothing 38$ і $\varnothing 45$, $\varnothing 95,1_{-0,46}$ і $R=14,5$ остаточно. Розточити і обточити фаски.	Токарний з ЧПК 16Б16Ф3	Спеціальна оправка
045	Технічний контроль		
050	Фрезерувати 22 зуба ($m=12,7$) остаточно.	Зубофрезерний 53А20В	Пристосування
055	Зачистити заусенці	Вібробункер	
060	Помити деталь	Миюча машина	
065	Технічний контроль		
070	Термічна обробка	Установка в ТВЧ	
075	Шліфувати отвір $\varnothing 30H7$ остаточно	Внутрішньо-шліфувальний 3А227АФ2	Індуктор Трикулачковий патрон
080	Промити деталь	Миюча машина	
085	Технічний контроль		
090	Нанести антикорозійне покриття		

Технологічний процес механічної обробки деталей залежить від серійності виробництва. Оскільки деталь відноситься до класу деталей типу «Диски», то

можна виділити загальні правила побудови маршрутів механічної обробки таких деталей.

На першій операції або на перших двох операціях здійснюється установка на чорнові бази і обробляються поверхні, які в подальшому використовуються за чистові бази. При можливості, можуть бути оброблені і інші поверхні до яких є доступ. Потім деталь має бути встановлена на чистові бази і виконується чорнова обробка площин, які є конструкторськими базами, основними чи допоміжними. Після цього виконується чорнова обробка отворів. Потім чистова обробка площин та чистова обробка отворів. Після цього проводиться обробка місцевих елементів (канавок, фасок, кріпильних отворів і т. д.). Далі фінішна обробка площин та отворів.

Точіння для обробки деталей типу «Диски» найчастіше здійснюється на токарних, токарно-револьверних верстатах з ЧПК, токарно-карусельних верстатах. З одного установа обробляються не лише площини і отвори, а й зовнішні поверхні. Плоскі поверхні деталей малих розмірів обробляються на різноманітних інших токарних верстатах. В серійному виробництві переважно використовуються токарні верстати з ЧПК, які дозволяють легко переналагоджувати верстат на виготовлення іншої деталі.

Головні отвори деталей, тобто основні або допоміжні конструкторські бази, обробляються свердлінням, розсвердлюванням, зенкеруванням і розточуванням на розточувальних, координатно-розточувальних, агрегатних, багатоцільових і багатоінструментальних з ЧПК, токарних і алмазно-розточних верстатах. Обробку головних отворів розділяють на три етапи. На першому етапі забезпечується потрібне положення осі отвору відносно інших поверхонь і рівномірний припуск під подальшу обробку. На другому етапі уточнюється розташування осі отвору і уточнюються діаметральні розміри. На третьому етапі остаточно забезпечується точність діаметральних розмірів і показники шорсткості, деякі види обробки забезпечують уточнення осі (тонке розточування, планетарне шліфування).

Свердління використовується для обробки отворів до $\varnothing 25$ мм. При більших діаметрах отворів використовується розсвердлювання. Зенкерування найчастіше використовується в крупносерійному і масовому виробництві на агрегатних верстатах, вертикально-свердлильних з багатошпіндельними головками. Жорсткість інструменту забезпечується спеціальними пристроями – кондукторами.

При обробці отворів на вертикально-свердлильних верстатах з ЧПК інструмент працює без направляючих втулок з виводом і індексацією стола на задану координату по управляючі програмі. Тому з метою запобігання уводу свердла, особливо якщо зовнішній торець литої чи штампованої заготовки залишається необробленим, рекомендується перед свердлінням попередньо центрувати отвір.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ШКІВ 028.КП.01.008»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Шків 028.КП.01.008» призначена для передачі обертального руху від ведучого до веденого валу за допомогою клинопасової передачі. По посадочній поверхні $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$, пазу 8D10 і торцевій поверхні шків базується на валу. Фіксується за допомогою різьбового отвору M10-7H.

Основне службове призначення деталі полягає в передачі обертального руху за допомогою клинопасової передачі. Крім цього «Шків 028.КП.01.008» виконує роль опори, сприймаючи значні статичні і динамічні навантаження.

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до класу «Диски» циліндричної форми з наскрізним циліндричним отвором $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$ [2].

Основними конструкторськими базами є поверхні 1, 2 і торець 3 (рис. 2.1). Решта поверхонь є вільними.

Допоміжними конструкторськими базами, якими деталь спрягається з іншими деталями, є різьбовий отвір M10-7H, поверхня 4.

Нетехнологічних елементів в конструкції деталі немає, всі поверхні доступні для обробки.

Рационально використовувати заготовку виготовлену литтям в постійні форми (кокіль, під тиском), так як виробництво великосерійне.

Матеріалом вибраний алюміній АЛ9 ГОСТ2665-75, який має задовільні якості виливка, відносна невисока вартість.

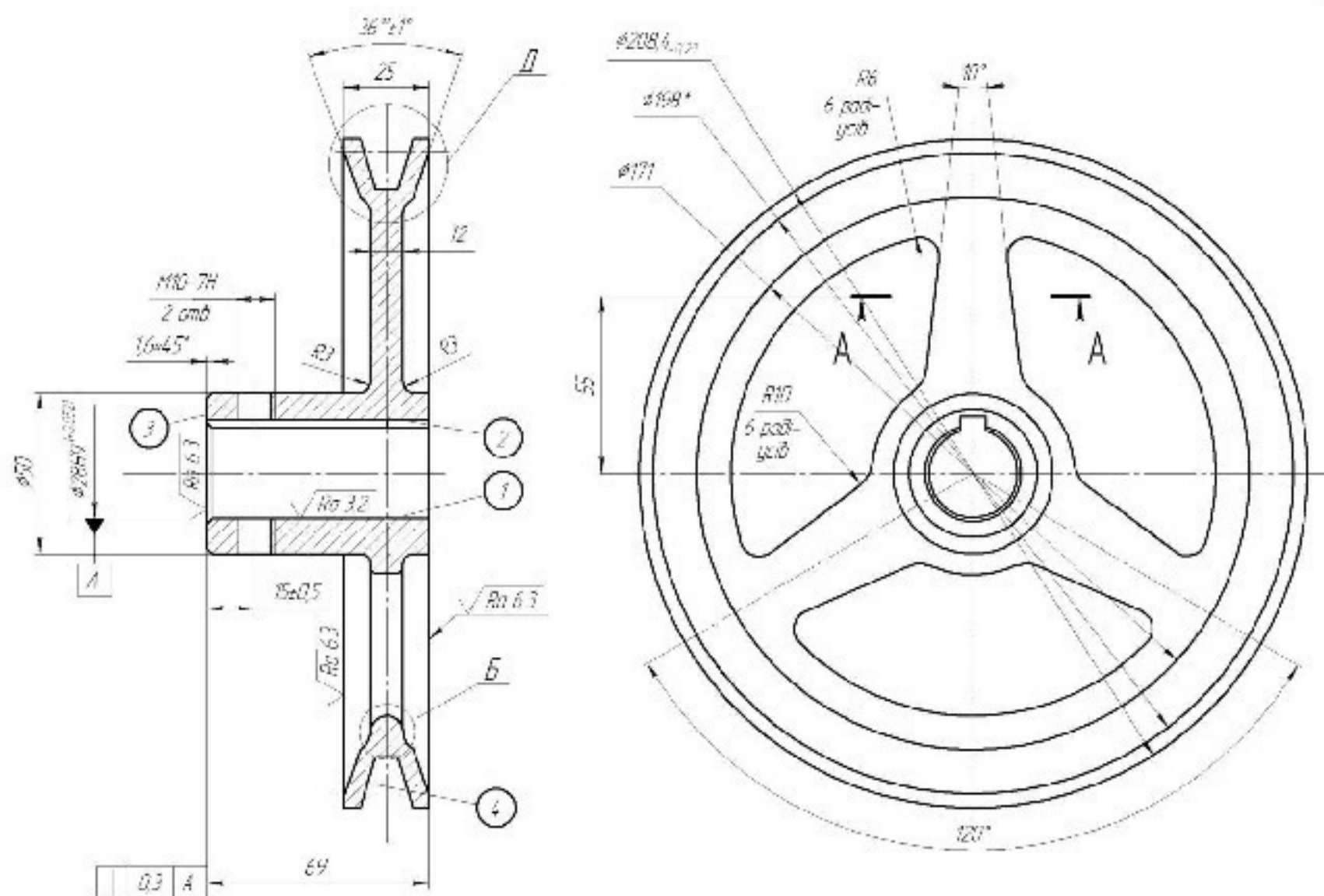


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Шків 028.КП.01.008»



Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Шків 028.КП.01.008»

Матеріал деталі – алюміній АЛ9 ГОСТ26565-75, добре піддається обробці різанням.

Таблиця 2.1 – Механічні властивості алюмінію АЛ9 ГОСТ 2665-75

Твердість по Брінеллю	Межа міцності, МПа (кгс/мм ²)	Межа текучості, МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, кгс/см ²
50	19	28	2	

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

- Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів [1, 2]:

$$K_y = \frac{Q_{\sigma}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де Q_{σ} – кількість уніфікованих елементів; Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.2 – Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри, мм	Діаметральні розміри, мм	Кутові розміри, °	Шорсткість, мкм	Різь метрична	Радіуси заокруглень, мм
69 31,3 ^(+0,16) (11 кв.) 25* 15±0,05* (11 кв.) 14±0,022* (9 кв.) 8* 8D10 ^(+0,098) _(+0,040) * 8* 1,6 (2 пов.)*	Ø208,4h11 _(-0,29) Ø200h11 _(-0,34) * _(-0,63) Ø176 Ø28H9 ^(+0,052) *	45° (2 пов.)*	Ra 6,3 (16 пов.)* Ra 3,2 (3 пов.)*	M10-7H (2 пов.)*	R1 (4 пов.)*
$\Sigma_{\text{заг.}} = 10$ $\Sigma_{\text{уніф.}} = 8$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 4$ $\Sigma_{\text{уніф.}} = 2$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 2$ $\Sigma_{\text{уніф.}} = 2$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 19$ $\Sigma_{\text{уніф.}} = 19$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 2$ $\Sigma_{\text{уніф.}} = 2$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 4$ $\Sigma_{\text{уніф.}} = 4$

$$K_y = \frac{37}{41} = 0,9 > 0,6 \text{ – тобто деталь технологічна.}$$

- Коефіцієнт точності [1, 2]:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.2)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь даного квалітету.

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
9 – 14±0,022 (2 пов.); Ø28H9 ^(+0,052)	3	9·3=27
10 – 8D10 ^(+0,098 +0,040)	1	10·1=10
11 – 31,3 ^(+0,16) ; 15±0,05 (2 пов.); Ø208,4h11 ^(-0,29) ; Ø200h11 ^(-0,34 -0,63)	5	11·5=55
14 – 69 (2 пов.); 25; Ø176; M10-7H (2 пов.); R1 (4 пов.)	10	14·10=140
Сума	19	232

$$T_{cp} = \frac{232}{19} = 12,21 ;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,21} = 0,92 > 0,8 \text{ – тобто деталь технологічна.}$$

- Коефіцієнт шорсткості [1, 2]:

$$K_{ш} = \frac{1}{ш_{cp}}, \quad (2.4)$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.5)$$

де $Ш_i$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі, мкм;

n_i – кількість поверхонь з даною шорсткістю.

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
3,2 – Ø28H9 ^(+0,052) ; M10-7H (2 пов.)	3	3,2·3=9,6
6,3 – 69 (2 пов.); 14±0,022 (2 пов.); Ø208,4h11 _(-0,29) ; 25; 8D10 ^(+0,098 / +0,040) (2 пов.); 31,3 ^(+0,16) ; Ø176; 1,6 (2 пов.); R1 (4 пов.)	16	6,3·16=100,8
Сума	19	110,4

$$Ш_{cp} = \frac{110,4}{19} = 5,8,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,8} = 0,17 < 0,32 \text{ – тобто деталь технологічна.}$$

За всіма трьома коефіцієнтами деталь є технологічною.

Висновок. Провівши якісний аналіз технологічності з урахуванням кількісних показників можна зробити висновки, що деталь технологічна.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлено метод одержання заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу АЛ9.

Можливі способи лиття для даної заготовки [9-13]: лиття в піщано-глинисті, оболонкові форми, за виплавними моделями, в кокіль, відцентрове лиття та під тиском.

Проаналізувавши різні способи отримання литих заготовок, обирали такі способи, як лиття в кокіль і лиття під тиском, оскільки їх найбільш вигідно реалізовувати в великосерійному виробництві через їх високу продуктивність, можливість багаторазового використання форм, високу точність отримуваних розмірів.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для обох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовок [9, 10]

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність.

Таблиця 2.5 – Параметри заготовки, що характеризують її точність

Вихідні дані	Лиття в кокіль		Лиття під тиском	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	5-9	6	3-7т	4
Ступінь жолоблення елементів виливки	12/208,4=0,06 3-6	4	12/208,4=0,06 3-6	3
Ступінь точності поверхні виливка	5-10	6	3-7	4
Шорсткість поверхонь виливка	Ra=6,3мкм	Ra=6,3мкм	Ra=4,0мкм	Ra=4,0мкм
Клас точності маси	4-11т	6	2-8	4
Ряд припусків	1-4	2	1-3	1

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво великосерійне і виливок середньої складності приймаємо наближені до більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (208 мм), тип матеріалу – АЛ 9:

- при литті в кокіль: 5-9;
- при литті під тиском: 3-7т.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до діаметра виливка). Найбільший розмір – $\varnothing 208,4$ мм, найменший – 12 мм, отже, відношення – $12/208,4=0,06$. Також враховуємо, що форми багаторазові та відсутня термообробка:

- при литті в кокіль: 3-6;
- при литті під тиском: 3-6.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка ($\varnothing 208,4$ мм) і матеріал – АЛ9:

- при литті в кокіль: 5-10;
- при литті під тиском: 3-7.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

- при литті в кокіль: 6,3 мкм;
- при литті під тиском: 4 мкм.

Призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка від 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу АЛ 9 клас точності маси:

- при литті в кокіль: 4-11т;
- при литті під тиском: 2-8.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні:

- при литті в кокіль: 1-4;
- при литті під тиском: 1-3.

Так як при литті під тиском забезпечується 9-13 квалітет і шорсткість $Ra = 4,0$ мкм, то механічній обробці та відповідно розрахунку підлягає лише розмір заготовки для отвору $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$, який має шорсткість згідно робочого креслення деталі $Ra = 3,2$ мкм та 9 квалітет точності.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів заготовки при литті в кокіль та під тиском

	Лиття в кокіль				Під тиском
	$\varnothing 208,4_{(-0,29)}$	69	$\varnothing 28H9^{(+0,052)}$	25	$\varnothing 28H9^{(+0,052)}$
	1	2	3	4	5
Допуски розмірів, мм	1,0	0,7	0,56	0,5	0,28
Допуски форми чи розміщення	0,5	0,24	0,24	0,24	0,2
Допуски зміщення по площині роз'єму	0,36	-	-	-	-
Допуск через перекося стержня	-	-	0,18	-	0,09
Допуски маси	4%				2%
Допуски нерівностей	0,16				0,1
Загальний допуск	1,2	0,9	0,7	0,56	0,4
Припуск мінімальний	0,2				0,1
Припуск загальний	1,0	0,8	1,1	0,6	0,5
	Кількість переходів механічної обробки				
По точності розмірів	1	1	3	1	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	1	-	-	-
Прийнята кількість переходів	1	1	3	1	2
Розміри заготовки	$\varnothing 210,4$	70,6	$\varnothing 25,8$	26,4	$\varnothing 27$

Згідно [9] призначаємо.

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в кокіль – 6, під тиском – 4) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в кокіль – 4, під тиском – 3) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (лиття в кокіль – 6, під тиском – 4).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (лиття в кокіль – 3, під тиском – 4) і номінальної маси виливка.

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму. При литті в кокіль і під тиском це зміщення буде впливати на діаметральний розмір $\varnothing 208,4h11_{(-0,29)}$. Допуск вибираємо згідно рекомендацій [9], враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 5,5 мм.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які формуються за участю стержня.

При литті в кокіль – для розміру $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$, клас розмірної точності – 4, допуск – 0,18 мм.

При литті під тиском – для розміру $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$, клас розмірної точності – 2, допуск – 0,09 мм.

Допуск на перекіс стержня для лиття в кокіль відсутній.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

- при литті в кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 2) становить 0,2 мм;

- при литті під тиском (для ряду припусків 1) – 0,1 мм.

Визначаємо кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі:

- кількість переходів по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками розмірів деталі і вилівка:

- лиття в кокіль:

$$\varnothing 208,4_{(-0,29)} - 0,29/1,2 = 0,24 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$69^{(+0,74)} - 0,74/0,7 = 1,06 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\varnothing 28H9^{(+0,052)} - 0,052/0,56 = 0,09 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$25^{(+0,052)} - 0,52/0,5 = 1,04 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

- лиття під тиском:

$$\varnothing 28H9^{(+0,052)} - 0,052/0,28 = 0,18 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка).}$$

- кількість переходів по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь визначаємо за співвідношенням допусків форми та розміщення деталі до допусків форми та розміщення заготовки і величини допуску розміру:

- для лиття в кокіль:

розмір 69, перепендикулярність 0,3 мм до бази А – $0,3/0,24 = 1,25 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка).

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск вилівка, від кінцевої обробки і ряд припуску. При литті в кокіль для розміру $\varnothing 208,4_{(-0,29)}$ загальний допуск 1,8 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 3 $\rightarrow$ загальний припуск становить 2,0 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

Розрахунок розмірів заготовки

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі:

- при литті в кокіль для розміру $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$: загальний припуск становить 1,5 мм:

$$\varnothing 28 - (1,5 \cdot 2) = \varnothing 25 \text{ (мм).}$$

- при литті під тиском для розміру $\text{Ø}28\text{H}9^{(+0,052)}$ загальний припуск становить 0,8 мм:

$$\text{Ø}28 - (0,8 \cdot 2) = \text{Ø}26,4 \text{ (мм)}.$$

Аналогічно розраховуємо для інших діаметральних розмірів.

Вибір конструктивних елементів заготовки (товщини стінок, радіусів заокруглень, нахилів тощо)

Товщина стінок

Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [9] в залежності матеріалу, маси виливка, і від способу лиття.

Для лиття в кокіль – 2,8 мм.

Для лиття під тиском – 2,0 мм.

Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [9] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_i)/2$ і від матеріалу виливка.

Таблиця 2.7 – Радіуси заокруглень [9]

$\frac{(S + S_i)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень, мм
$(5,5+8,7)/2 = 7,1$	90°	6
$(8,2+8,7)/2 = 8,45$	90°	6

Нахили

Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [9]: 1-1°30'.

Мінімальні діаметри отворів, що виливаються

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригоряння стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і становить: 8,0.

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескіз вилівка отриманого литтям в кокіль показано на рисунку 2.3.

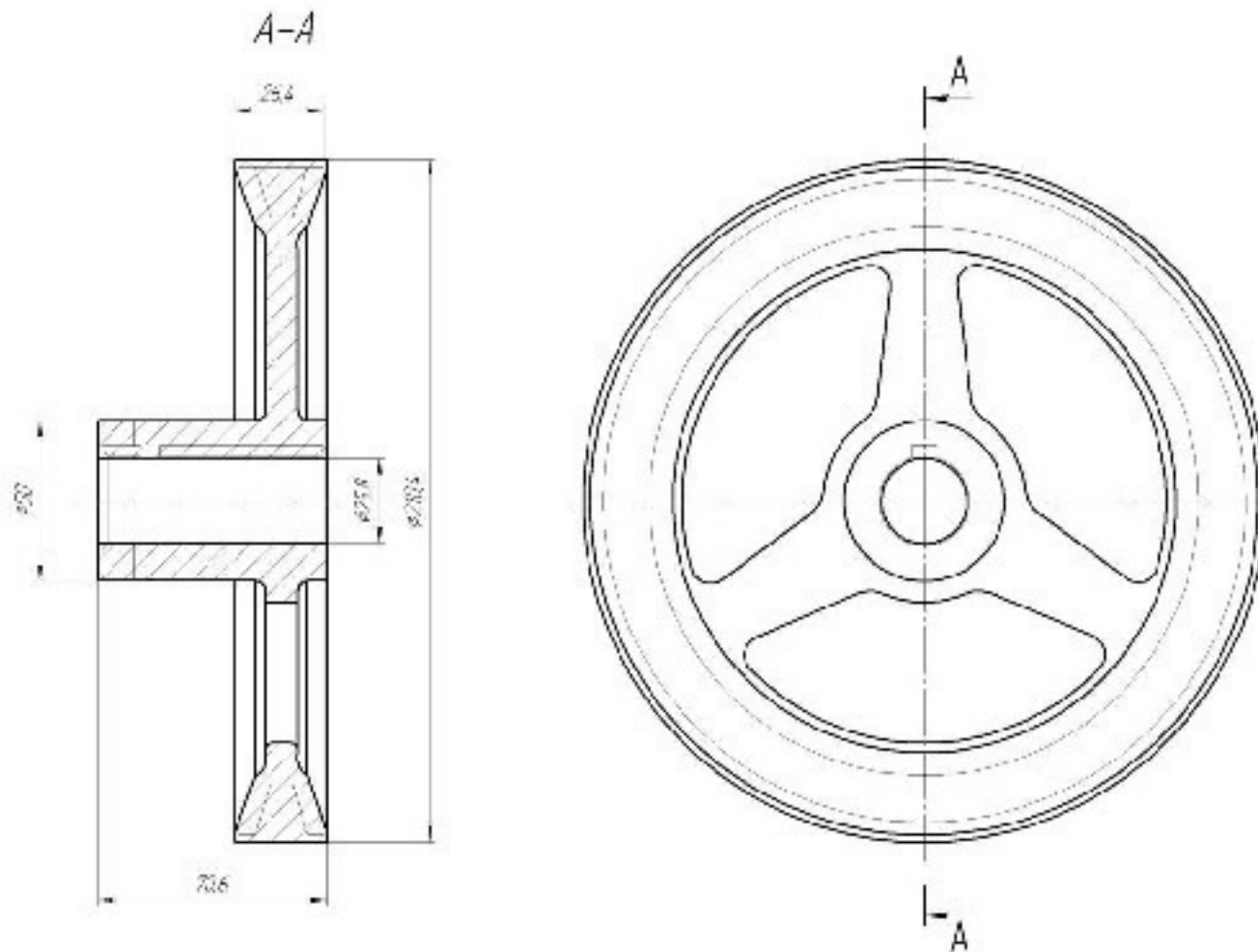


Рисунок 2.3 – Ескіз вилівка, отриманий литтям в кокіль

2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг.

Визначимо масу заготовки для обох способів лиття за допомогою прикладних комп'ютерних програм та МЦХ (масово-центрувальні характеристики) побудованих 3D-моделей заготовок.

Деталь «Шків 028.КП.01.008» при литті в кокіль

Задані параметри

Матеріал АЛ-9 ГОСТ 2665-75

Густина матеріалу $R_0 = 2660 \text{ кг/м}^3$

Розрахункові параметри

Маса $M = 3391.445374 \text{ г}$

Площа $S = 98616.375358 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 325504.523511 \text{ мм}^3$

Центр мас $X_c = -18.917782 \text{ мм}$

$Y_c = 0.079957 \text{ мм}$

$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

Розрахунок коефіцієнту використання матеріалу при литті в кокіль:

$$\gamma = 2,545/3,39 = 0,75.$$

Деталь «Шків 028.КП.01.008» при литті під тиском

Задані параметри

Матеріал АЛ-9 ГОСТ 2665-75

Густина матеріалу $R_0 = 2660 \text{ кг/м}^3$

Розрахункові параметри

Маса $M = 2682.583298 \text{ г}$

Площа $S = 96426.256895 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 302518.658931 \text{ мм}^3$

Центр мас $X_c = -18.917782 \text{ мм}$

$Y_c = 0.079957 \text{ мм}$

$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

Розрахунок коефіцієнту використання матеріалу при литті під тиском:

$$\gamma = 2,545/2,68 = 0,95.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

2.2.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначаємо за формулою [9]:

$$C_{\text{заг. загот}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дем}})}{1000} \cdot C_{\text{відх}} \text{ [грн.]}, \quad (2.7)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн., вибираємо враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва,;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т відходів для алюмінію $C_{\text{відх}} = 40000$ грн./т.

Таблиця 2.8 – Значення коефіцієнтів при розрахунку собівартості

Коефіцієнти	Лиття в кокіль	Лиття під тиском
$C_{\text{л}}$	29200	42900
$K_{\text{т}}$	1	1
$K_{\text{м}}$	4,23	1
$K_{\text{с}}$	0,91	0,94
$K_{\text{в}}$	1,0	1,07
$K_{\text{п}}$	0,95	1

Лиття в кокіль:

$$C_{\text{заг1}} = \frac{3,39}{1000} \cdot 29200 \cdot 1 \cdot 1,23 \cdot 0,91 \cdot 0,99 \cdot 0,95 - \frac{(3,39 - 2,545)}{1000} \cdot 40000 = 99,13 \text{ (грн.)}$$

Лиття під тиском:

$$C_{\text{заг2}} = \frac{2,68}{1000} \cdot 42900 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,07 \cdot 1 - \frac{(2,68 - 2,545)}{1000} \cdot 40000 = 114,83 \text{ (грн.)}$$

Для прийняття остаточного рішення розрахуємо собівартість виконання тих операцій механічної обробки якими відрізняються технологічні процеси внаслідок різної точності виготовлення заготовок.

При литті в кокіль:

- підрізання торцю $\varnothing 208,4_{(-0,29)}$ однократно;
- підрізання торцю $\varnothing 50$ однократно;
- точіння $\varnothing 208,4_{(-0,29)}$ однократно.

$$C_{\text{обр}} = \frac{C_{\text{н-з}} \cdot T_{\text{мт-к}}}{60 \cdot K_{\kappa}}, \quad (2.8)$$

де $C_{\text{н-з}}$ – годинні приведені витрати, грн./год.;

$T_{\text{мт-к}}$ – штучно-калькуляційний час обробки, хв.;

K_{κ} – коефіцієнт виконання норм, $K_{\kappa} = 1,3$.

$$\begin{aligned} \sum C_{\text{обр}} &= C_{\text{обр1}} + C_{\text{обр2}} + C_{\text{обр3}} = \frac{C_{\text{н-з}} \cdot (T_{\text{мт-к1}} + T_{\text{мт-к2}} + T_{\text{мт-к3}})}{60 \cdot K_{\kappa}} = \\ &= \frac{37,9 \cdot (2,15 + 2,15 + 0,086)}{60 \cdot 1,3} = 2,13 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

де $T_{\text{мт-к1}} = T_{\text{мт-к2}} = 2,15$ (хв.);

$$T_{\text{мт-к3}} = \varphi \cdot T_{\text{о}} = 1,36 \cdot 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 1,36 \cdot 0,037 (50^2 - 28^2) \cdot 10^{-3} = 0,086 \text{ (хв.)};$$

$C_{\text{п-3}} = 37,9$ грн./год. – для верстата токарного 16К20Ф3.

Отже, при литті в кокіль

$$C_{\text{зал}} + C_{\text{обр}} = 99,13 + 2,13 = 101,26 \text{ (грн.)}$$

Це менше ніж 76,82 грн. при литті під тиском на 11,24 грн.

Тому як остаточний варіант приймаємо лиття в кокіль.

Економічний ефект

$$E = (C_{\text{мт-2}} - C_{\text{мт-1}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.9)$$

$$E = (114,83 - 101,26) \cdot 15000 = 203550 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\emptyset 28\text{H}9^{(+0,052)}$.

Коефіцієнт уточнення складає [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{злг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.10)$$

де $T_{ДЕТ}$ – допуск розміру деталі, мкм;

$T_{ЗАГ}$ – допуск розміру заготовки, мкм;

ε_i – окремі ступені уточнення, точність проміжних ступенів: $\varepsilon_{ЧОР} = 4...10$,
 $\varepsilon_{ПОЛ} = 3...5$, $\varepsilon_{ЧИС} = 2...4$.

$$\varepsilon = \frac{560}{52} = 10,76; \quad \varepsilon = 6 \cdot 1,79 = 10,76.$$

Приймаємо 2 переходи механічної обробки отвору $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$:

$$\varepsilon = \frac{560}{6} = 93,3 \text{ (мкм) (IT 10)};$$

$$\varepsilon = \frac{93,3}{1,79} = 52 \text{ (мкм) (IT 9)}.$$

Приймаємо наступні переходи механічної обробки отвору $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$:

- розточування,
- розвертання.

Методи обробки інших поверхонь зведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Визначення кількості ступенів механічної обробки поверхонь

Поверхні	Квалітет точності IT	Шорсткість Ra, мкм	Методи обробки
$\varnothing 28H9^{(+0,052)}$	9	3,2	Розточування, розвертання
Різьба M10-7H	7H	3,2	Центрування, свердління, нарізання різі

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

2.3.2.1 Вибір чистових баз

Основними конструкторськими базами є отвір $\varnothing 28H9$ і торець. Бажано, щоб конструкторські та технологічні бази співпадали. При цьому похибка базування $\varepsilon_8 = 0$. Цей варіант вибору баз є оптимальним.

З метою вибору кращих варіантів необхідно провести аналіз схем базування (установки) на всіх операціях механічної обробки.

На операції 010 (токарна) ми обробляємо протилежний торець 1, 2, зовнішню поверхню, канавку і фаску. Базування заготовки здійснюємо по раніше обробленим базовим поверхням – отвору $\varnothing 28H9$ і великому торцю (рис. 2.4).

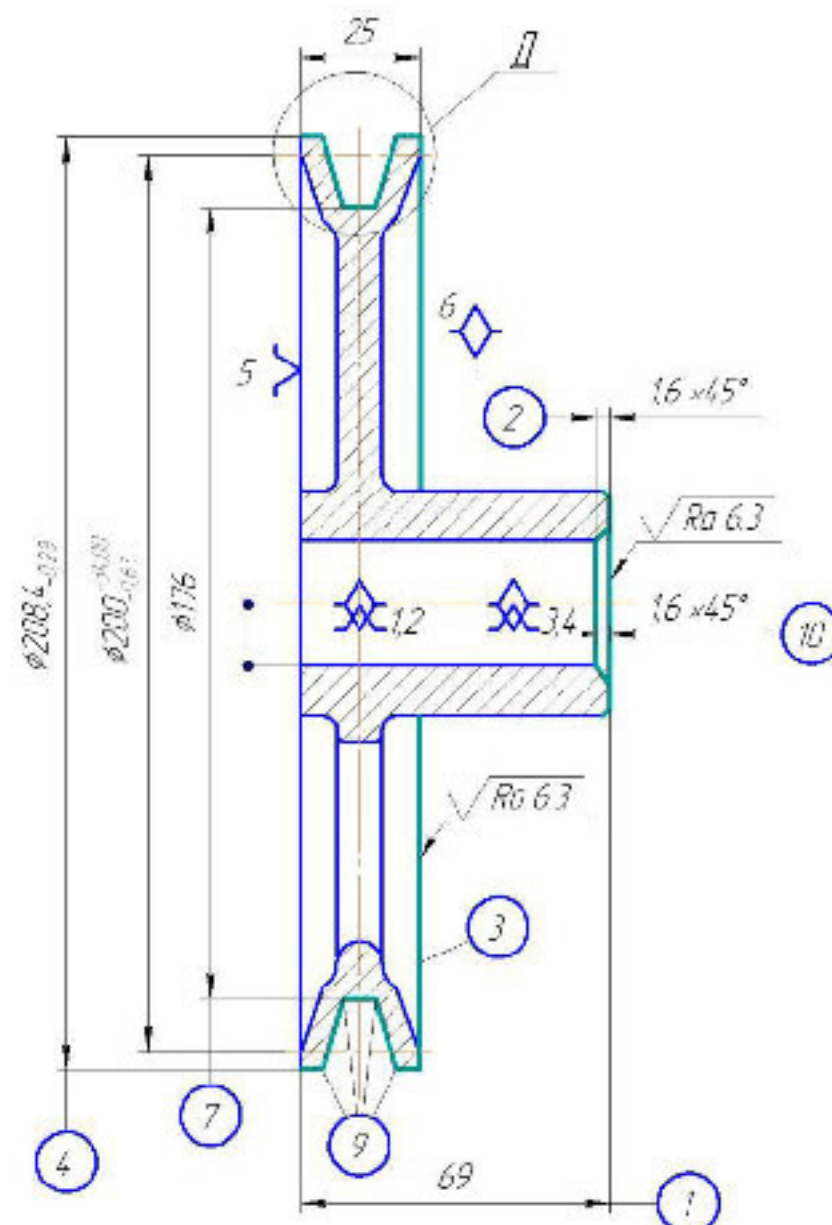


Рисунок 2.4 – Схема базування на 010 операції

При цьому на операції 010 похибка базування виконуваних розмірів:

$\varepsilon_{\delta \text{ перпендикулярності } 0,3 A} = 0$; $\varepsilon_{\delta 69} = 0$; $\varepsilon_{\delta 25} = 0$ – суміщення технологічної та вимірювальної баз;

$\varepsilon_{\delta 1,6} = 0$; $\varepsilon_{\delta 14 \pm 0,022} = 0$ – обробка з одного установа;

$\varepsilon_{\delta \varnothing 208,4} = 0$; $\varepsilon_{\delta \varnothing 176} = 0$ – обробка діаметрального розміру;

$\varepsilon_{\delta R1} = 0$ – обробка мірним інструментом.

На операції 020 похибка базування виконуваних розмірів (рис. 2.5):

$\varepsilon_{\delta M10-7H} = 0$ – обробка мірним інструментом;

$\varepsilon_{\delta 15 \pm 0,05} = 0$ – суміщення технологічної та вимірювальної баз.

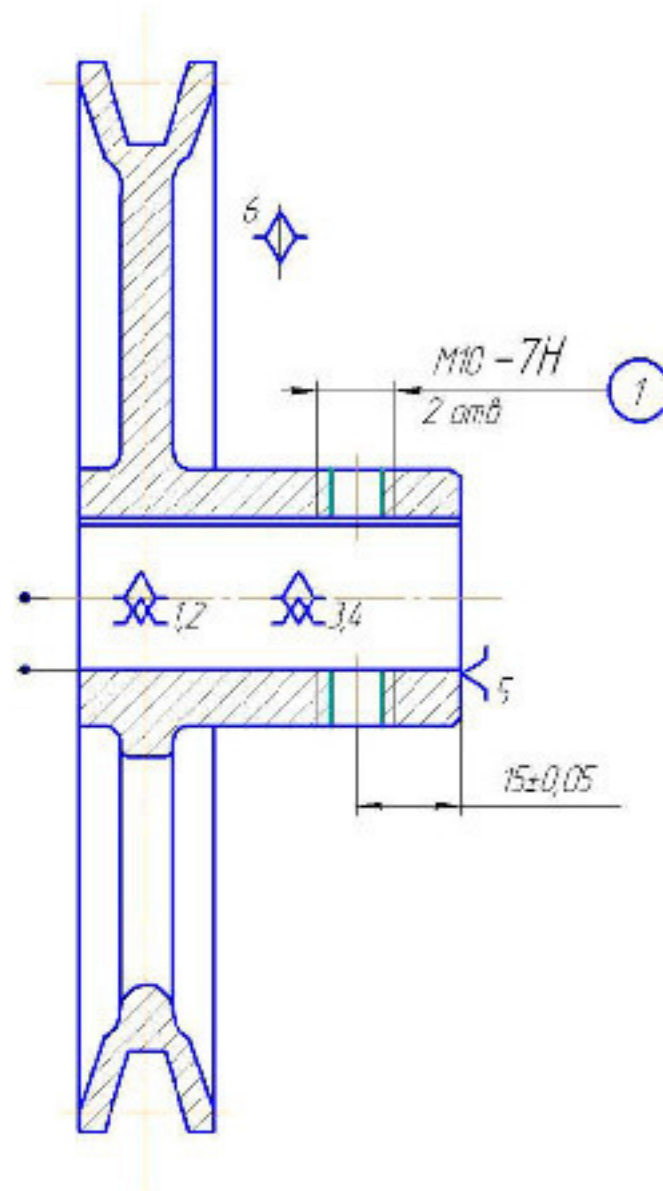


Рисунок 2.5 – Схема базування на 020 операції

2.3.2.2 Вибір чорнових баз

Раніше, в попередньому пункті, ми визначились із вибором чистових баз, це отвір $\varnothing 28H9$ та торці. Згідно принципів технологічної обробки в першу чергу

на першій (перших) операціях ми зобов'язані обробити чистові технологічні бази.

На операції 005, оброблюємо торець 1 та отвір 2 (рис. 2.6).

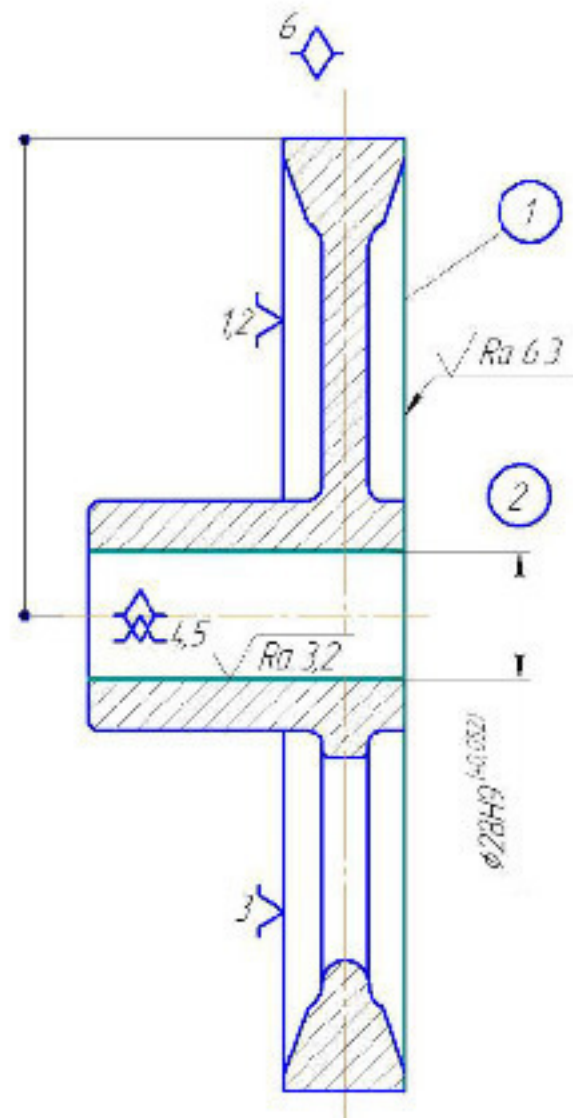


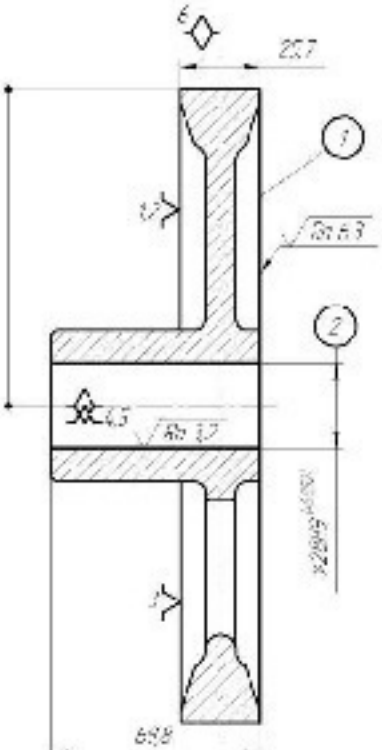
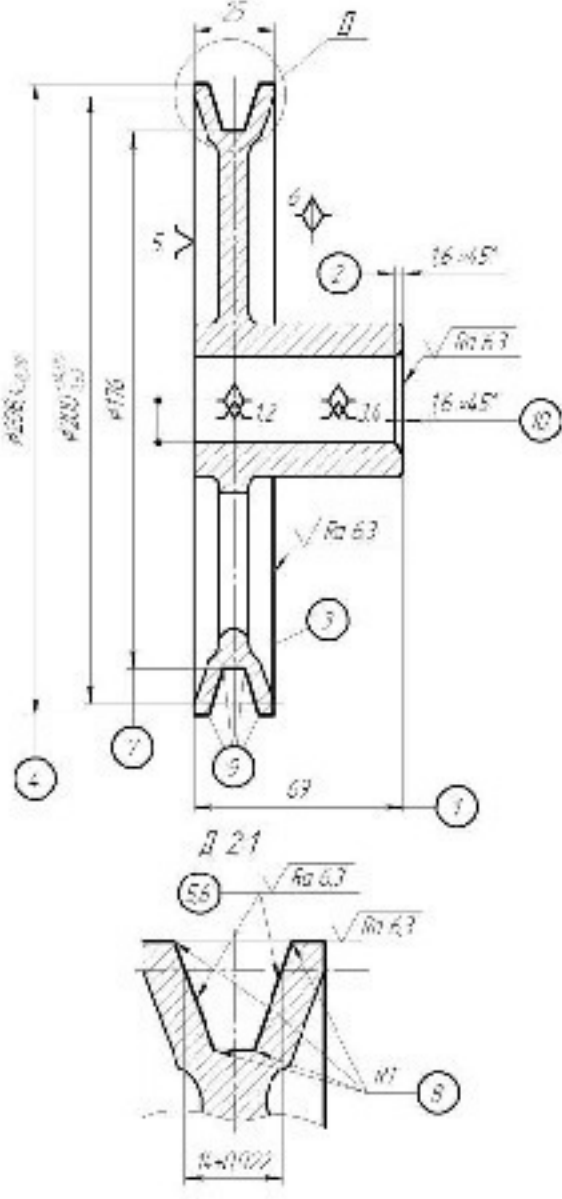
Рисунок 2.6 – Схема базування на 005 операції

При вибраній схемі базування вирішується задача зняття рівномірного припуску з поверхні $\varnothing 208,4_{(-0,29)}$.

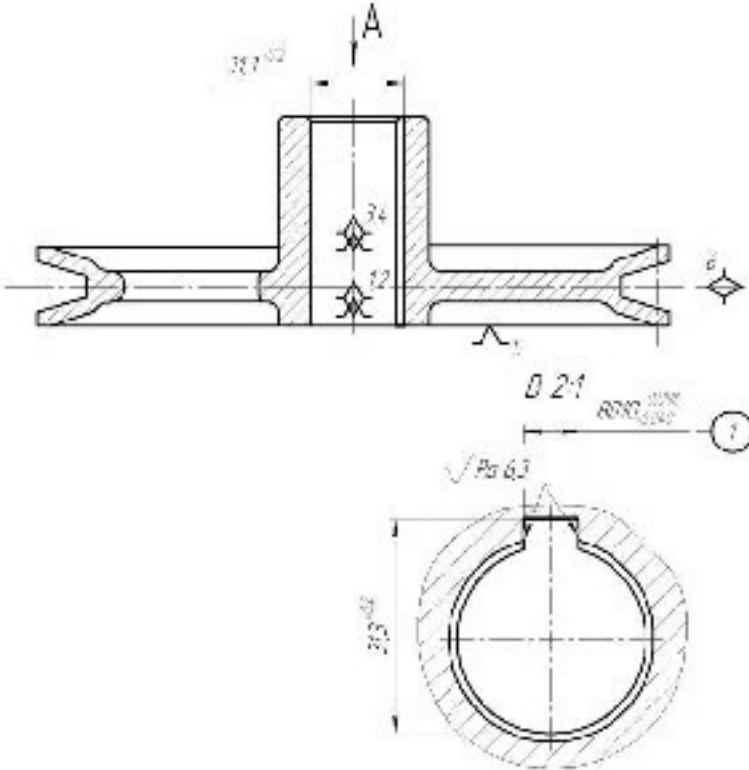
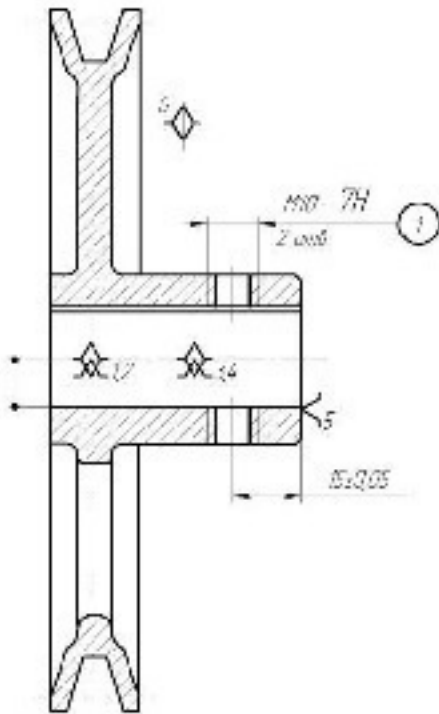
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Технологічний маршрут механічної обробки деталі «Шків 028.КП.01.008» наведено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Маршрут механічної обробки

№ п.п.	Назва операції, зміст переходу	Ескіз обробки, схема базування	Обладна- ння
005	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити пов. 1 однократно. 3. Розточити отв. 2 однократно. 4. Розвернути отвір 2 в розмір згідно ескіза. 5. Зняти заготовку.		Токарний з ЧПК 16K20Ф3
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4 однократно, витримуючи розміри згідно ескіза. 3. Точити пов. 5, 6, 7, 8, 9 однократно, витримуючи розміри згідно ескіза. 4. Зенкувати фаску 10 в розмір згідно ескіза. 5. Зняти заготовку.		Токарний з ЧПК 16K20Ф3

Продовження таблиці 2.10

№ п.п.	Назва операції, зміст переходу	Ескіз обробки, схема базування	Обладна- ння
015	<u>Протяжна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти заготовку.		Вертикально- протяжна верстат 70623
020	<u>Свердлильна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати отвір 1. 3. Свердлити отвір 1. 4. Нарізати різь M10-7H в отворі 1. 5. Зняти заготовку.		Сверлильний з ЧПК 2Н118Ф3

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Для нашої деталі деякі лінійні розміри 5, 42, 40, проставлені нерационально, тобто при механічній обробці не будуть співпадати бази. Похибка базування при цьому зростає і зростає розмірний ланцюг.

При складанні розмірної схеми необхідно керуватись принципами єдності і співпадання баз, щоб розмірний ланцюг був найкоротшим [1].

2.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів попередньо призначено, виходячи з точності механічної обробки.

При чорновій обробці ми отримуємо 14 квалітет точності, при чистовій – 9-10 квалітет.

Допуски розмірів заготовки визначаємо по ГОСТ 7505-89.

Попередньо призначені допуски в подальшому необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки $K_1, K_2, \dots$.

Значення допусків технологічних розмірів зводимо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Допуски технологічних розмірів

Технологічні розміри	z_1	z_2	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Квалітет	15	15	14	14	14	14	14	11
Допуск, мм	0,9	0,56	0,74	0,74	0,74	0,52	0,43	0,25

2.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

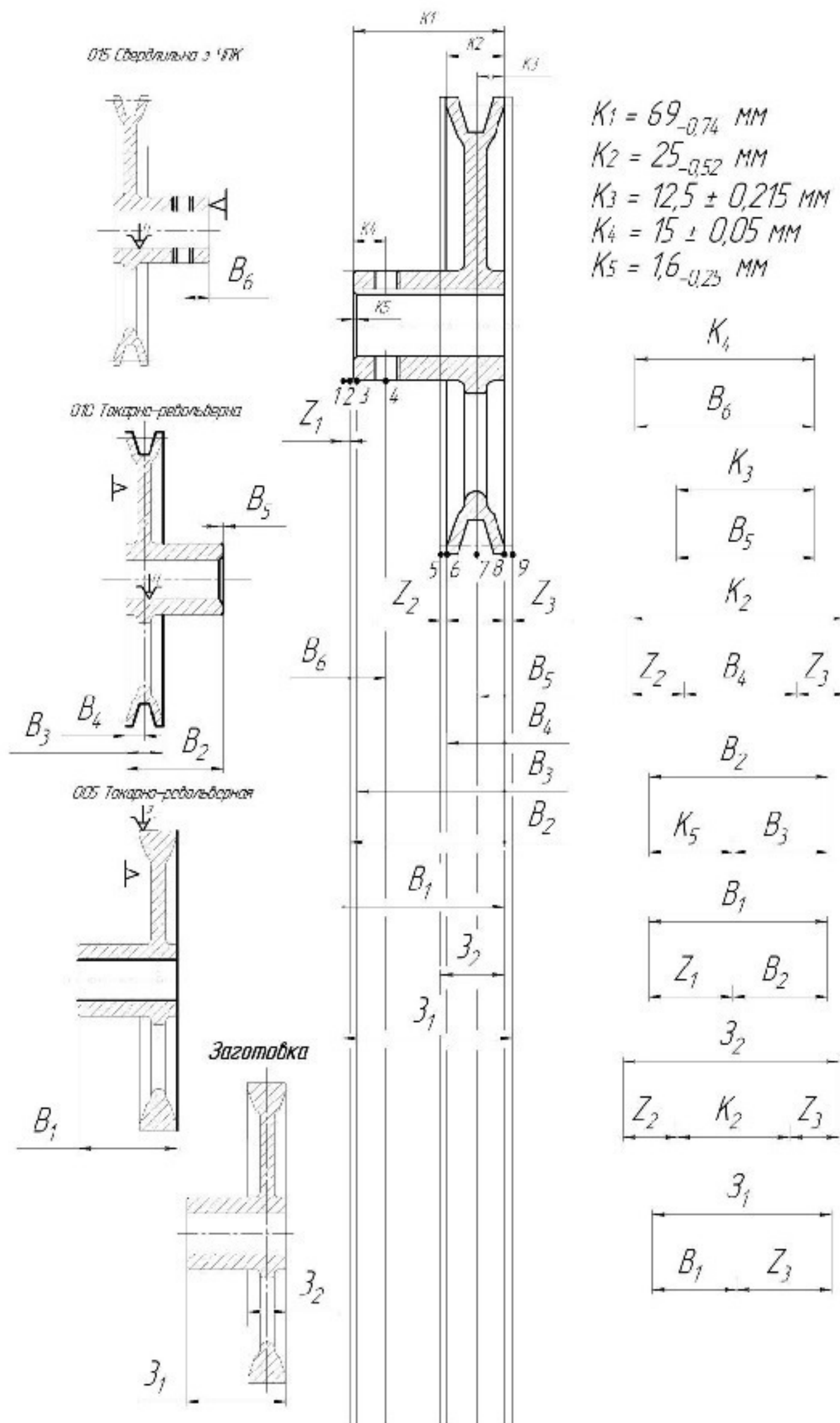


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

2.3.4.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

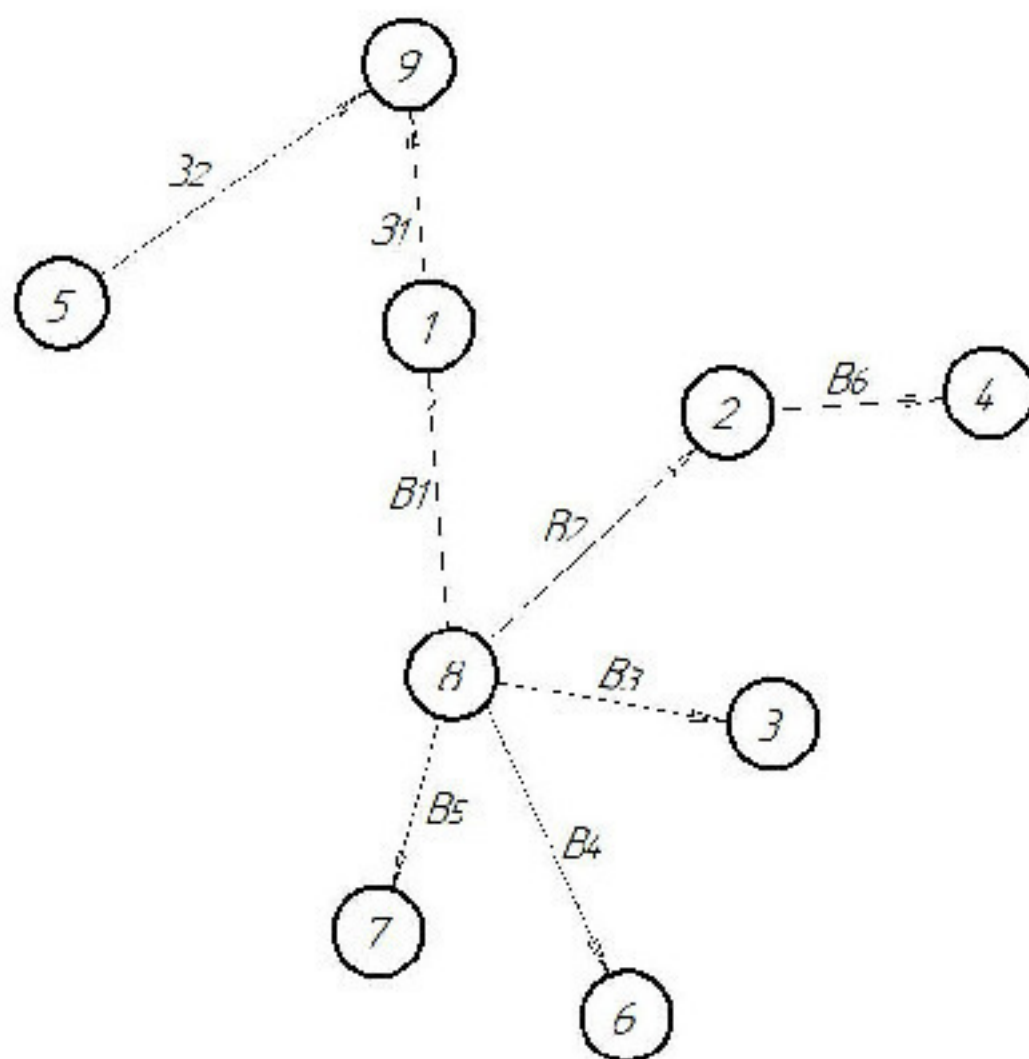


Рисунок 2.8 – Похідний граф-дерево

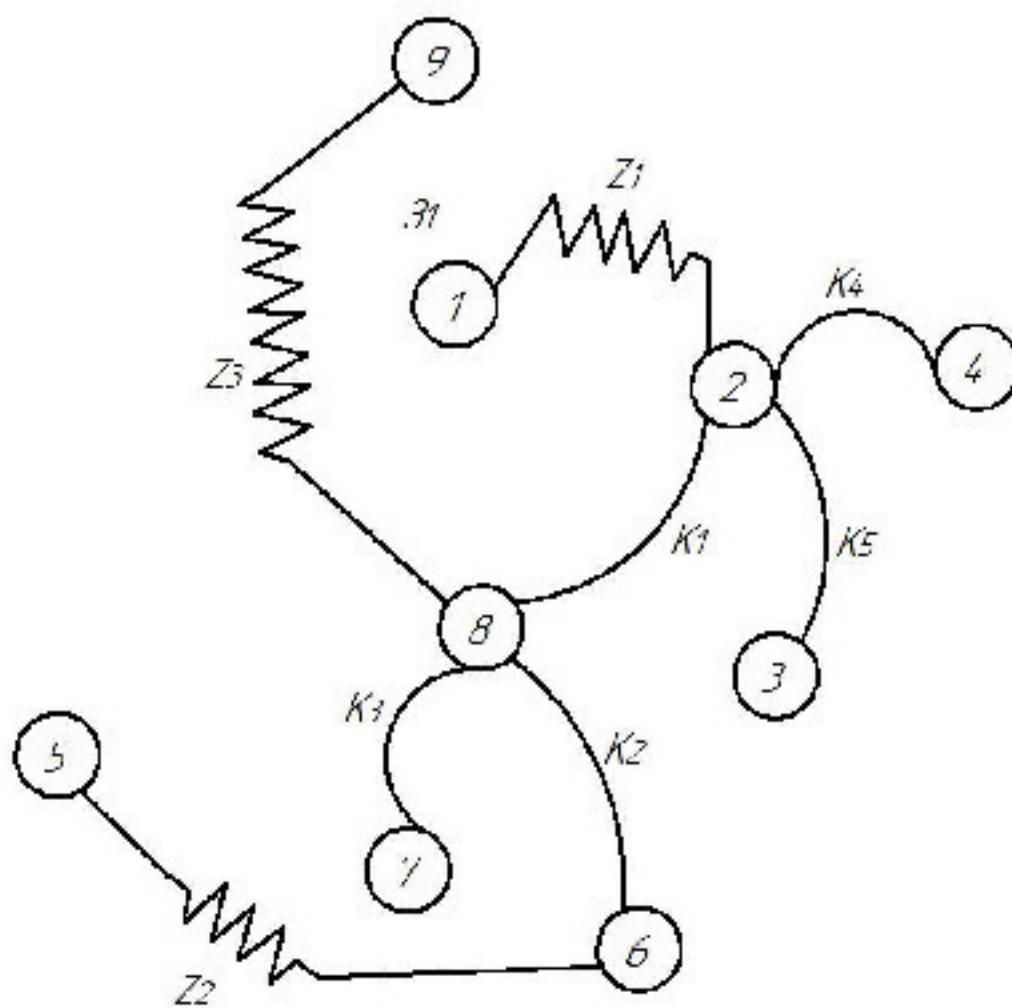


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

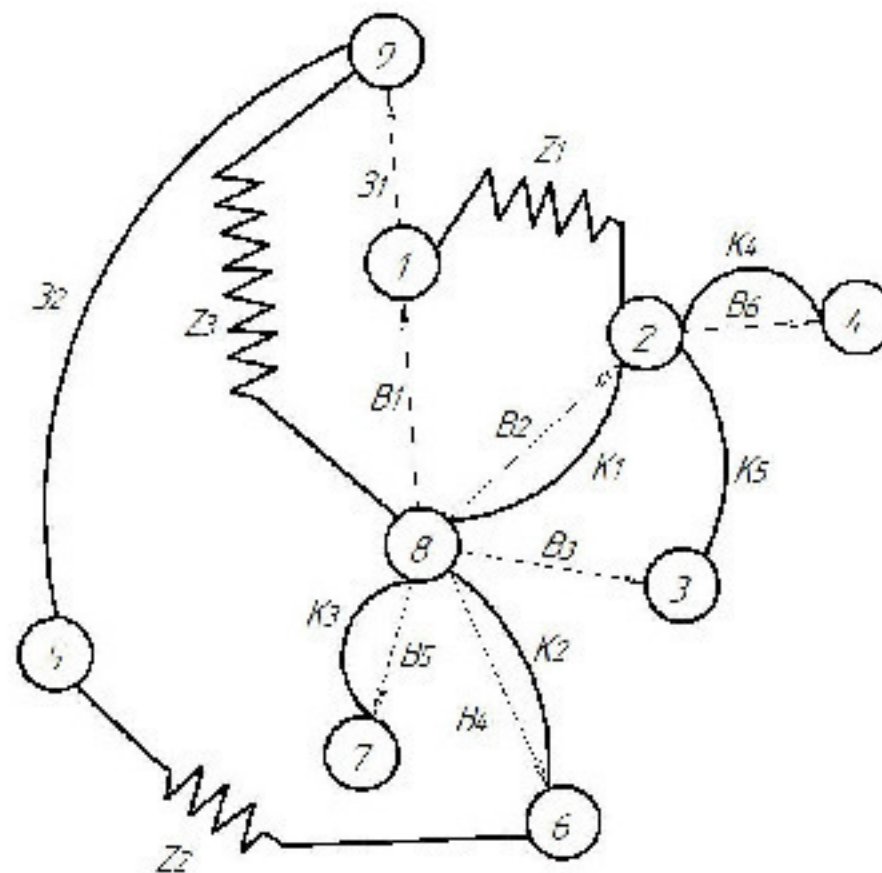


Рисунок 2.10 – Суміщений граф-дерево

2.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Табличні дані припусків зведені в таблиці 2.12 [14].

Таблиця 2.12 – Значення припусків

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3
$Z_{\min}$	0,2	0,2	0,2

2.3.4.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.13 – Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
2	$B_5 - K_3 = 0$	$B_5 = K_3$	B_5
3	$B_4 - K_2 = 0$	$B_4 = K_2$	B_4
4	$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	B_2
5	$B_2 - B_3 - K_5 = 0$	$B_3 = B_2 - K_5$	B_3
6	$B_1 - Z_1 - B_2 = 0$	$B_1 = B_2 + Z_1$	B_1
7	$-Z_3 + 3_1 - B_1 = 0$	$3_1 = B_1 + Z_3$	3_1
8	$3_2 - Z_2 - K_2 - Z_3 = 0$	$3_2 = Z_2 + K_2 + Z_3$	3_2

2.3.4.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

$$1. B_6 = K_4;$$

$$B_6 = 15 \pm 0,05 \text{ мм}; B_{6\max} = 15,05 \text{ мм}; B_{6\min} = 14,95 \text{ мм}.$$

$$2. B_5 = K_3;$$

$$B_5 = 12,5 \pm 0,215 \text{ мм}; B_{5\max} = 12,715 \text{ мм}; B_{5\min} = 12,285 \text{ мм}.$$

$$3. B_4 = K_2;$$

$$B_4 = 25_{-0,52} \text{ мм}; B_{4\max} = 25 \text{ мм}; B_{4\min} = 24,48 \text{ мм}.$$

$$4. B_2 = K_1;$$

$$B_2 = 69_{-0,74} \text{ мм}; B_{2\max} = 69 \text{ мм}; B_{2\min} = 68,26 \text{ мм}.$$

$$5. B_3 = B_2 - K_5;$$

$$B_{3\max} = B_{2\max} - K_{5\min} = 69 - 1,35 = 67,65 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\min} = B_{2\min} - K_{5\max} = 68,26 - 1,6 = 66,66 \text{ (мм)}.$$

$$6. B_1 = B_2 + Z_1;$$

$$Z_{1\min} = B_{1\min} - B_{2\max};$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{1\min} = 69 + 0,2 = 69,2 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 69,2 + 0,74 = 69,94 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 69,94 - 68,26 = 1,68 \text{ (мм)}.$$

$$7. 3_1 = B_1 + Z_3;$$

$$Z_{3\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = B_{1\max} + Z_{3\min} = 69,94 + 0,2 = 70,14 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 70,14 + 0,9 = 71,04 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 71,04 - 69,02 = 2,02 \text{ (мм)}.$$

$$8. 3_2 = Z_2 + K_2 + Z_3;$$

$$Z_{2\min} = 3_{2\min} - K_{2\max} - Z_{3\max};$$

$$3_{2\min} = Z_{2\min} + K_{2\max} + Z_{3\max} = 0,2 + 25 + 2,02 = 27,22 \text{ (мм)};$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 27,22 + 0,56 = 27,78 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = 3_{2\max} - K_{2\min} - Z_{3\min} = 27,78 - 24,48 - 0,2 = 3,1 \text{ (мм)}.$$

Дані розрахунків зведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Величини отриманих технологічних розмірів

Технологічні розміри	3_1	3_2	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Мінімальні значення розмірів	70,14	25,22	69,2	68,26	66,66	24,48	12,285	14,95
Допуски	0,9	0,56	0,74	0,74	0,74	0,52	0,43	0,25
Максимальні значення розмірів	71,04	25,76	69,94	69	67,65	25,0	12,715	15,05

Таблиця 2.15 – Значення припусків [14]

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3
$Z_{\min}$	0,2	0,2	0,2
$Z_{\max}$	1,68	1,08	2,02

Висновки з розмірного аналізу. Розрахункові рівняння складаються із 2-3-х ланок за винятком Z_2 , що є результатом зміни технологічної бази, а тому $Z_3^{\max}=2,02$ мм, тобто, збільшений. В цілому технологічний процес обробки є задовільним.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.3.5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 28H9^{(+0,052)}$

Обробка виконується в 3-х кулачковому патроні. Маршрут обробки: розточування чорнове і чистове.

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь мінімальний припуск визначаємо за формулою [1]:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{R_{i-1}} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.11)$$

де R_z – висота мікро нерівностей, мкм;

T_i – глибина дефективного шару, мкм;

ρ – сума просторових відхилень, мкм;

ε – похибка установки, мкм.

Сумарне значення просторових відхилень складає [1] для литої заготовки:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \quad [\text{мкм}], \quad (2.12)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – жолоблення виливка, мкм;

$\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору заготовки, залежить від класу точності,

$\rho_{\text{зм}} = 0,18 \text{ мм}$ (ГОСТ 26645-85).

$$\rho = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 28)^2 + (1 \cdot 69)^2} = 80 \quad (\text{мкм});$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{80^2 + 180^2} = 197 \quad (\text{мкм});$$

- при розточуванні $\rho_1 = 0,04 \cdot 197 = 8 \text{ (мкм)}$;

- при розвертанні $\rho_2 = 0,005 \cdot 8 = 0,04 \text{ (мкм)}$.

Похибка установки складає:

$$\varepsilon_{\gamma} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad [\text{мкм}] \quad (2.13)$$

де ε_6 – похибка базування для діаметральних розмірів,

$$\varepsilon_{6\phi 28} = 0.$$

ε_3 – похибка закріплення в 3-х кулачковому пневматичному патроні,

$$\varepsilon_3 = 380 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування,

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{6} \cdot T_{\text{дот}} = \frac{1}{6} \cdot 84 = 14 \text{ (мкм)},$$

де $T_{\text{дот}}$ – допуск розміру $\varnothing 28\text{H}9^{(+0,052)}$ при розточуванні (10 квалітет).

Тоді

$$\varepsilon_r = \sqrt{0^2 + 380^2 + 14^2} = 380,26 \text{ (мкм)}.$$

Дані розрахунків зводимо в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Припуски на механічну обробку циліндричної поверхні

Маршрут обробки поверхні $\varnothing 28\text{H}9^{(+0,052)}$	Елементи припуски				Розраху- кові величини		До- пуски, мкм	Прийняті розміри		Граничні припуски	
	R_z	T	ρ	ε_i	$2Z_{\text{min}}$	D_{max}		D_{max}	D_{min}	Z_{max}	Z_{min}
Заготовка $\varnothing 24^{+0,5}$	100	100	197	–	–	26,58	562	26,58	26,02	–	–
Розто- чування	50	50	8	380	1256	27,84	84	27,84	27,76	1740	1264
Розвер- тання	30	30	–	–	216	28,052	52	28,052	28	244	212

Визначаємо мінімальні припуски:

$$2Z_{1\text{min}} = 2(100 + 100 + \sqrt{197^2 + 380^2}) = 1256 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2\text{min}} = 2(50 + 50 + \sqrt{8^2 + 0^2}) = 216 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо максимальні технологічні розміри:

$$28,052 - 0,216 = 27,84 \text{ (мм)};$$

$$27,84 - 1,256 = 26,58 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо мінімальні технологічні розміри:

$$27,84 - 0,084 = 27,76 \text{ (мм)};$$

$$26,58 - 0,56 = 26,02 \text{ (мм)}.$$

Максимальні припуски ($Z_{\max}$):

$$28 - 27,76 = 0,24 \text{ (мм)};$$

$$27,76 - 26,02 = 1740 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальні припуски ($Z_{\min}$):

$$28,052 - 27,84 = 0,212 \text{ (мм)};$$

$$27,84 - 26,58 = 1260 \text{ (мкм)}.$$

Перевірка:

$$Z_{\max} - Z_{\min} = \delta_{i-1} - \delta_i \text{ [мкм]};$$

$$1740 - 1264 = 540 - 84; \quad 244 - 212 = 84 - 52;$$

$$476 = 476; \quad 32 = 32.$$

2.3.6 Визначення режимів різання

Аналітичний спосіб визначення режимів різання [1, 15-17].

Операція 005. Токарна з ЧПК.

Модель верстата 16K20Ф3.

Перехід 2-3.

Точити торець 1 однократно.

Приймаємо наступні початкові параметри:

Заготовка із АЛ-9 з межею міцності $\sigma_s = 206$ МПа. Спосіб кріплення заготовки – в трьохкулачковий пневматичний патрон на токарному верстаті. Оброблена поверхня повинна задовольняти вимоги точності за 14-м квалітетом та мати параметр шорсткості Ra 6,3 мкм.

Обираємо різець токарний прохідний прямий правий. Матеріал ріжучої частини твердий сплав ВК8, матеріал державки – сталь 45.

Передній кут $\gamma = 10^\circ$, при обробці алюмінію з $\sigma_s \leq 300$ МПа. Головний задній кут $\alpha = 12^\circ$. Кут нахилу головної ріжучої кромки $\lambda = 0^\circ$, так як здійснюється точіння без ударних навантажень. Головний кут в плані $\varphi = 60 \dots 75^\circ$, а так як точіння відбувається на прохід в умовах нежорсткої системи ВПД (при $l/d = 6/90 = 0,067$), тоді приймаємо $\varphi = 60^\circ$. Допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 15^\circ$, так як здійснюється обробка прохідним різцем з пластинкою із твердого сплаву без врізання. Радіус при вершині різця $r = 1$ мм.

Чорнова обробка

- Глибина різання $t_1 = 1,0$ мм;
- призначаємо період стійкості інструмента $T = 60$ хв.;
- вибираємо подачу: $S = 0,2 \dots 0,7$ мм/об, приймаємо $S = 0,25$ мм/об;
- поправочний коефіцієнт K_{Mv} для силумінів: $K_{Mv} = 0,8$.
- швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}} \cdot K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.14)$$

де $C_v = 328$, $x = 0,12$, $y = 0,50$, $m = 0,28$ – значення коефіцієнтів.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{sv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi_1 v} \cdot K_{rv} \quad (2.15)$$

при $K_{Mv} = 0,9$, $K_{sv} = 2,7$, $K_{uv} = 0,9$, $K_{\varphi v} = 0,97$, $K_{rv} = 0,94$, матимемо:

$$v = \frac{328}{60^{0,028} \cdot 1,0^{0,12} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,9 \cdot 2,7 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 439 \text{ (м/хв)};$$

- частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \cdot \left[\frac{1}{x\phi} \right] \quad (2.16)$$

Тоді

$$n = \frac{1000 \cdot 439}{3,14 \cdot 210,4} = 664,5 \left(\frac{1}{x\phi} \right).$$

Корегуємо частоту обертання по паспортним даним верстата і встановлюємо фактичну величину:

$$n_{\phi} = 630 \left(\frac{1}{x\phi} \right).$$

Тоді

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 210,4 \cdot 630}{1000} = 416 \text{ (м / хв)};$$

- потужність, що витрачається на різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot v_{\phi}}{60 \cdot 102}, [\text{Вт}] \quad (2.17)$$

де

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot v^{n_{pz}} K_{pz} [\text{Н}]; \quad (2.18)$$

$$P_y = C_{py} \cdot t^{x_{py}} \cdot S^{y_{py}} \cdot v^{n_{py}} K_{py} [\text{Н}]; \quad (2.19)$$

$$P_x = C_{px} \cdot t^{x_{px}} \cdot S^{y_{px}} \cdot v^{n_{px}} K_{px} [\text{Н}]. \quad (2.20)$$

При наступних параметрах:

Вибираємо значення коефіцієнтів та показників степенів при заданих умовах роботи;

$$C_{pz} = 400 ; x_{pz} = 1,0 ; n_{pz} = 0 ; y_{pz} = 0,75 ;$$

$$C_{py} = - ; x_{py} = - ; n_{py} = - ; y_{py} = - ;$$

$$C_{px} = - ; x_{px} = - ; n_{px} = - ; y_{px} = - .$$

Враховуємо поправочні коефіцієнти на силу різання:

$$K_{pz} = K_{MPz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\varphi_1 pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{r pz} ; \quad (2.21)$$

$$K_{py} = K_{MPy} \cdot K_{\varphi py} \cdot K_{\varphi_1 py} \cdot K_{\gamma py} \cdot K_{\lambda py} \cdot K_{r py} ; \quad (2.22)$$

$$K_{px} = K_{MPx} \cdot K_{\varphi px} \cdot K_{\varphi_1 px} \cdot K_{\gamma px} \cdot K_{\lambda px} \cdot K_{r px} . \quad (2.23)$$

При цьому $K_{MP} = 1$, де відповідні значення показників степені:

$$n_{pz} = 0,75 ; n_{py} = 1,35 ; n_{px} = 1,0 ; \text{ тоді } K_{MPz} = 1,0 ; K_{MPy} = 1,0 ; K_{MPx} = 1,0 .$$

Далі знаходимо інші необхідні коефіцієнти:

$$K_{\varphi z} = 0,94 ; K_{\varphi_1 z} = 1,0 ; K_{\gamma z} = 1,0 ; K_{\lambda z} = 1,0 ; K_{r pz} = 0,93 ;$$

$$K_{\varphi y} = 0,77 ; K_{\varphi_1 y} = 1,0 ; K_{\gamma y} = 1,0 ; K_{\lambda y} = 1,0 ; K_{r py} = 0,82 ;$$

$$K_{\varphi x} = 1,11 ; K_{\varphi_1 x} = 1,0 ; K_{\gamma x} = 1,0 ; K_{\lambda x} = 1,0 ; K_{r px} = 1,0 .$$

Знаходимо чисельні значення коефіцієнтів:

$$K_{pz} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,8742 ;$$

$$K_{py} = 1 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,6314 ;$$

$$K_{px} = 1 \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,11 .$$

Тепер можна обрахувати сили різання:

$$P_z = 400 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} = 240 \text{ (H)} ;$$

$$P_y = 0 \text{ (H)} ; P_x = 0 \text{ (H)} .$$

Тоді потужність буде

$$N_{\text{різ}} = \frac{240 \cdot 416}{60 \cdot 1020} = 1,63 \text{ (кВт)} ;$$

- перевіряємо достатність потужності приводу верстата умові:

$$N_{\text{ном}} \leq [N_{\text{верст}}] , \quad (2.24)$$

$$1,63 \leq 10,0 \text{ (кВт)} .$$

Операція 020. Свердлильна з ЧПК.

Модель верстата 2Н118Ф3.

Пристосування спеціальне.

Перехід 3.

Свердлити отвір $\varnothing 9$.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77; $2\varphi = 118^\circ$;

$\alpha = 11^\circ$. Форма підточки – Н.

- Глибина різання складає $t = \frac{d}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ (мм)}$.

- Назначаємо подачу для НВЛ 229, матеріал АЛ9 І група подач $S_0=0,78-0,22$ [1, 15-17] Глибина свердління $\frac{l}{d} = \frac{6}{7} = 0,9$ $K_{ts} = 1,0$

$$S_0 = S_{\text{ноб}} \cdot K_{ts} = 0,20 \cdot 1 = 0,2 \text{ (м/хв.)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0=0,2$ м/об

- Назначаємо період стійкості свердла. В наладці 5 інструментів, $T=80$ хв. Допустимий знос $h_3=0,3-0,45$ мм.
- Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучу властивість інструменту, $V_{\text{таб}}=28$ м/хв, $R_{\ell_v} = 1,0$ [8]

$$V=V_{\text{таб}} \cdot K_{\ell_v}=28 \cdot 0,75=21 \text{ (м/хв.)}$$

- Частота обертання складає

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 21}{3,14 \cdot 9} = 743 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 630$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 630}{1000} = 17,8 \text{ (м/хв.)}$$

- Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання, $N_{\text{таб}}=1,1$ кВт. Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_v=N_{\text{дв}} \cdot \eta =1,5 \cdot 0,8=1,2 \text{ (кВт);}$$

$$N_v < N_{\text{таб}}.$$

Умови обробки по потужності виконується.

Режими різання для інших операцій визначаємо аналогічно. Дані розрахунків зводимо в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Режими різання

Операції, переходи	Розрахункові дані		Припуск, мм	Режими різання		
	D/b	L		S, мм/об	V, м/хв	п, об/хв
005 Токарна з ЧПК						
1. Точити торець 1 однократно	Ø210,4	98,3	1,0	0,25	416	630
2. Розточити отвір 2 однократно	Ø27,8	69,8	1,5	0,2	53,4	630
3. Розвернути отвір 2 однократно	Ø28	69,8	0,1	0,1	70,3	800
010 Токарна з ЧПК						
1. Точити послідовно пов. 1, 2, 3, 4 однократно	-	-	-	0,2	128,5	1000
2. Точити послідовно пов. 5, 6, 7, 8, 9 однократно	-	-	-	0,25	124,6	1000
3. Зенкувати фаску 10	Ø50	1,6	0,3	0,2	73,7	800
015 Протяжна						
1. Протягнути паз 1 однократно	8	60	-	-	5	-
020 Свердлильна з ЧПК						
1. Центрувати отв. 1	Ø4	8	2,0	0,2	6,2	500
2. Свердлити отв. 1	Ø9	13	3,5	0,2	15,6	710
3. Нарізати різь М10-7Н в отв. 1	М10	12	-	0,1	1,5	710

2.3.7 Визначення технічних норм часу

Операція 005 – токарна з ЧПК.

Модель верстата – 16К20Ф3.

Пристосування: патрон трикулачковий пневматичний.

Маса заготовки 3,39 кг, маса деталі 2,545 кг.

Штучний час визначаємо за формулою [1, 17]:

$$T_{шт} = t_{осн} + t_{доп} + t_{обс} + t_{відп}, [\text{хв.}] \quad (2.25)$$

де $t_{осн}$ – основний час, хв.; $t_{доп}$ – допоміжний час, хв.; $t_{обс}$ – час обслуговування, хв.; $t_{відп}$ – час відпочинку, хв.

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою

$$T_{\text{м-к}} = T_{\text{осн}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, [\text{хв.}] \quad (2.26)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт.

Основний час визначається за формулою

$$t_{\text{осн}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}, \quad (2.27)$$

де L – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів;

n – частота обертання, об/хв.;

s – подача, мм/об.

- Підрізати торець 1 однократно

$$t_{\text{осн } 1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(98,3 + 1 + 1) \cdot 1}{630 \cdot 0,25} = 0,64 \text{ (хв.)}$$

- Розточити отвір 2 однократно

$$t_{\text{осн } 2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(69,8 + 2 + 2) \cdot 1}{630 \cdot 0,2} = 0,59 \text{ (хв.)}$$

- Розвернути отвір 2 однократно

$$t_{\text{осн } 3} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(69,8 + 3 + 2) \cdot 1}{800 \cdot 0,1} = 0,935 \text{ (хв.);}$$

$$\sum t_{\text{осн}} = t_{\text{осн } 1} + t_{\text{осн } 2} + t_{\text{осн } 3} = 0,64 + 0,59 + 0,935 = 2,165 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час [1]:

- включення (виключення) верстата – 0,01 хв.;
- установлення та зняття деталі – 0,1 хв.;
- закріплення та відкріплення деталі – 0,024 хв.;
- підведення або відведення інструменту: різець – 0,025 хв., розвертка – 0,01 хв.;
- поворот різцевої головки на слідуєчу позицію – 0,04 хв.;
- контрольні вимірювання: штангенциркулем – 0,16 хв., калібрами – 0,09 хв.

$$t_{\text{доп}} = 2 \cdot 0,01 + 0,1 + 0,024 + 2 \cdot 0,025 + 0,01 + 2 \cdot 0,04 + \frac{0,25}{5} = 0,334 \quad (\text{хв.})$$

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}} = 2,165 + 0,334 = 2,5 \quad (\text{хв.})$$

Час обслуговування та відпочинку

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відв}} \text{ складає } 6,5\% \text{ від } T_{\text{оп}} ;$$

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відв}} = 2,5 \cdot 0,065 = 0,16 \quad (\text{хв.})$$

Тоді штучний час виконання операцій

$$T_{\text{шт}} = 2,165 + 0,334 + 0,16 = 2,66 \quad (\text{хв.})$$

Підготовчо-заклучний час

$$T_{n-y} = T_{n-y1} + T_{n-y2},$$

де T_{n-y1} – на налагодження верстата, $T_{n-y1} = 12$ хв.;

T_{n-y2} – на одержання інструменту та пристосування, $T_{n-y2} = 10$ хв.

$$T_{n-y} = 12 + 10 = 22 \text{ (хв.)}$$

Кількість деталей в партії 304 шт.

Тоді

$$T_{m-k} = 2,66 + \frac{22}{304} = 2,73 \text{ (хв.)}$$

На решту операцій нормування проводимо аналогічно.

Дані розрахунки зводимо в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Норми часу

№ опер	Операції	$t_{\text{осп}}$, хв.	$t_{\text{доп}}$, хв.	$t_{\text{м.обс}}$, хв.	$t_{\text{орг.обс}}$, хв.	$t_{\text{відп}}$, хв.	$T_{\text{м-к}}$, хв.
005	Токарна	2,165	0,334	0,05	0,05	0,06	2,73
010	Токарна	3,01	0,56	0,08	0,1	0,12	3,87
015	Протяжна	0,54	0,25	0,09	0,1	0,2	1,18
020	Свердлильна з ЧПК	2,07	0,28	0,09	0,11	0,13	2,78

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ШКІВ 028.КП.01.008»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [2, 18]:

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{прі} \text{ [шт.]}, \quad (3.1)$$

Для визначення коефіцієнтів приведення, скористаємося даними табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Про- грама, шт.	Квалітет / Шорсткість								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Шків 028.КП.01.0 08 (розрахун- ковий пред- ставник)	2,545	15000	-	-	-	3	1	5	-	-	10
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	3	16	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Диск	5,0	2000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	3	2	-	1	-	6	-	20
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	3	-	2	1	6	20	-	-
Втулка	1,3	100000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	-	3	2	2	1	-	14
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	2	-	-	5	3	14	-	-

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{р.пр}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.пр}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{для диска: } K_{1Д} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_d}{m_{p.пр}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{5,0}{2,545}\right)^2} = 1,25;$$

$$\text{для втулки: } K_{1В} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{в1}}{m_{p.пр}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,3}{2,545}\right)^2} = 0,8.$$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

$$K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (3.3)$$

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{для диска: } K_{2Д} = \left(\frac{N_{p.пр}}{N_i}\right)^\alpha = \left(\frac{15000}{2000}\right)^{0,15} = 1,315;$$

$$\text{для втулки: } K_{2В} = \left(\frac{N_{p.пр}}{N_i}\right)^\alpha = \left(\frac{15000}{100000}\right)^{0,15} = 0,75.$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.4)$$

де K_{31} – коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних деталей;

K_{32} – коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних деталей.

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T}}{K_{T.pn}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.5)$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_a}}{R_{a.pn}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.6)$$

де K_{Ti} і $K_{T.pn}$ – середні значення квалітету точності деталі, що приводиться і деталі-представника;

R_{ai} і $R_{a.pn}$ – середні значення параметра R шорсткості поверхні деталі, що приводиться і деталі-представника;

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

для розрахункового представника деталі «Шків 028.КП.01.008»:

$$\overline{K_{T.pn}^{III}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{kv}}{\sum n_{kv}} = \frac{9 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 5 + 14 \cdot 10}{3 + 1 + 5 + 10} = 12,2;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{III}}}{K_{T.pn}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(12,2)^{\alpha_1}}{(12,2)^{\alpha_1}} = \frac{0,88}{0,88} = 1,0;$$

для диска:

$$\overline{K_T^{II}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{kv}}{\sum n_{kv}} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 20}{3 + 2 + 1 + 6 + 20} = 12,47;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{II}}}{K_{T.pn}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(12,47)^{\alpha_1}}{(12,2)^{\alpha_1}} = \frac{0,85}{0,8} = 0,97;$$

для втулки:

$$\overline{K^B} = \frac{\sum K_{\sigma} \cdot n_{\sigma}}{\sum n_{\sigma}} = \frac{7 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 14}{2 + 3 + 2 + 2 + 1 + 14} = 12,13;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K^B}}{K_{Tp, \sigma p}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(12,13)^{\alpha_1}}{(12,2)^{\alpha_1}} = \frac{0,89}{0,88} = 1,01.$$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3,2}$ для кожної деталі:

для шківів:

$$\overline{R_a^{III}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 16}{3 + 16} = 5,8;$$

$$K_{3,2}^{III} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a, p n}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(5,8)^{\alpha_2}}{(5,8)^{\alpha_2}} = \frac{0,99}{0,99} = 1,0;$$

для диска:

$$\overline{R_a^{II}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 3 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 20}{3 + 2 + 1 + 6 + 20} = 9,36;$$

$$K_{3,2}^{II} = \left(\frac{\overline{R_a^{II}}}{R_{a, p n}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(9,36)^{\alpha_2}}{(5,8)^{\alpha_2}} = \frac{0,95}{0,99} = 0,96;$$

для втулки:

$$\overline{R_a^B} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 3,2 \cdot 5 + 6,3 \cdot 3 + 12,5 \cdot 14}{2 + 5 + 3 + 14} = 8,85;$$

$$K_{3,2}^B = \left(\frac{\overline{R_a^B}}{R_{a, p n}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(8,85)^{\alpha_2}}{(5,8)^{\alpha_2}} = \frac{0,955}{0,99} = 0,965.$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

для шківів: $K_3 = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$;

для диска: $K_3 = 0,97 \cdot 0,96 = 0,93$;

для втулки: $K_3 = 1,01 \cdot 0,965 = 0,975$.

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{пр}$ для кожного виробу

для шківів: $K_{прШ} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$;

для диска: $K_{прД} = 1,25 \cdot 1,35 \cdot 0,93 = 1,57$;

для втулки: $K_{прВ} = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,975 = 0,585$.

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{прі} = 15000 \cdot 1,0 + 2000 \cdot 1,57 + 100000 \cdot 0,585 = 76640 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Шків 028.КП.01.008	15000	2,545	1,0	1,0	1,0	1,0	15000
Диск	2000	5,0	1,25	1,35	0,93	1,57	3140
Втулка	100000	1,3	0,8	0,75	0,975	0,585	58500
Всього							76640

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто

проектується дільниця, на якій вироблятиметься ще дві подібні деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Визначаємо кількість верстатів на операціях для деталі «Шків 028.КП.01.008».

Операція 005 Токарна з ЧПК [2, 18]:

$$C_p = \frac{N_p \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot \Phi_d}, \quad (3.7)$$

де N_p – річна програма випуску деталей, шт.;

$T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час виконання операції, хв.;

Φ_d – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

$$\text{Операція 005: } C_{p005} = \frac{2,73 \cdot 76640}{3890 \cdot 60} = 0,87 ; \quad C_{np005} = 1;$$

$$\text{операція 010: } C_{p010} = \frac{3,87 \cdot 76640}{3890 \cdot 60} = 1,27 ; \quad C_{np010} = 2;$$

$$\text{операція 015: } C_{p015} = \frac{1,18 \cdot 76640}{4060 \cdot 60} = 0,37 ; \quad C_{np015} = 1;$$

$$\text{операція 020: } C_{p020} = \frac{2,78 \cdot 76640}{3890 \cdot 60} = 0,91 ; \quad C_{np020} = 1.$$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок кількості верстатів

№ операції	C_p	C_{np}
005	0,87	1
010	1,27	2
015	0,37	1
020	0,91	1

Визначаємо коефіцієнт завантаження верстатів за формулою

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.8)$$

де C_p – розрахована кількість верстатів,

C_{np} – прийнята кількість верстатів.

$$\text{Операція 005: } \eta_{z005} = \frac{0,87}{1} = 0,87 ;$$

$$\text{операція 010: } \eta_{z010} = \frac{1,27}{2} = 0,635 ;$$

$$\text{операція 015: } \eta_{z015} = \frac{0,37}{1} = 0,37 ;$$

$$\text{операція 020: } \eta_{z020} = \frac{0,91}{1} = 0,91 .$$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт завантаження верстатів

№ операції	η_z
005	0,87
010	0,635
015	0,37
020	0,91

Середній коефіцієнт завантаження верстатів ділянки

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,87 + 0,635 + 0,37 + 0,91}{4} = 0,696 \approx 0,7 .$$

Значення $\eta_{\text{сер}} = 0,7$ відповідає вимогам великосерійного виробництва.

Визначаємо коефіцієнт використання за основним часом за формулою

$$\eta_{\text{осн}} = \frac{T_{\text{осн}}}{T_{\text{шт-к}}}, \quad (3.9)$$

де $T_{\text{осн}}$ – основний час виконання операції, хв.;

$T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час виконання операції, хв.

Операція 005: $\eta_{\text{осн } 005} = \frac{2,165}{2,73} = 0,79 ;$

операція 010: $\eta_{\text{осн } 010} = \frac{3,01}{3,87} = 0,78 ;$

операція 015: $\eta_{\text{осн } 015} = \frac{0,54}{1,18} = 0,46 ;$

операція 020: $\eta_{\text{осн } 020} = \frac{2,07}{2,78} = 0,74 .$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт використання за основним часом

№ операції	$\eta_{\text{осн}}$
005	0,79
010	0,78
015	0,46
020	0,74

Середній коефіцієнт використання верстатів за основним часом

$$\eta_{\text{осн сер}} = \frac{0,79 + 0,78 + 0,46 + 0,74}{4} = 0,69 \approx 0,7 .$$

Високий коефіцієнт використання верстатів за основним часом свідчить про правильність розробленого технологічного процесу.

Складаємо зведену таблицю розрахунків.

Таблиця 3.6 – Розрахунок кількості верстатів на ділянці для обробки деталі типу «Шків 028.КП.01.008»

№ опер	Операції	$T_{осн}$, хв.	$T_{маш-к}$, хв.	C_p	$C_{пр}$	η_z	$\eta_{зоп}$	$\eta_{осн}$	$\eta_{осн\ сер}$
005	Токарна з ЧПК	2,165	2,73	0,87	1	0,87	0,7	0,79	0,7
010	Токарна з ЧПК	3,01	3,87	1,27	2	0,635		0,78	
015	Протяжна	0,54	1,18	0,37	1	0,37		0,46	
020	Свердлильна з ЧПК	2,07	2,78	0,91	1	0,91		0,74	

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рисунку 3.1.

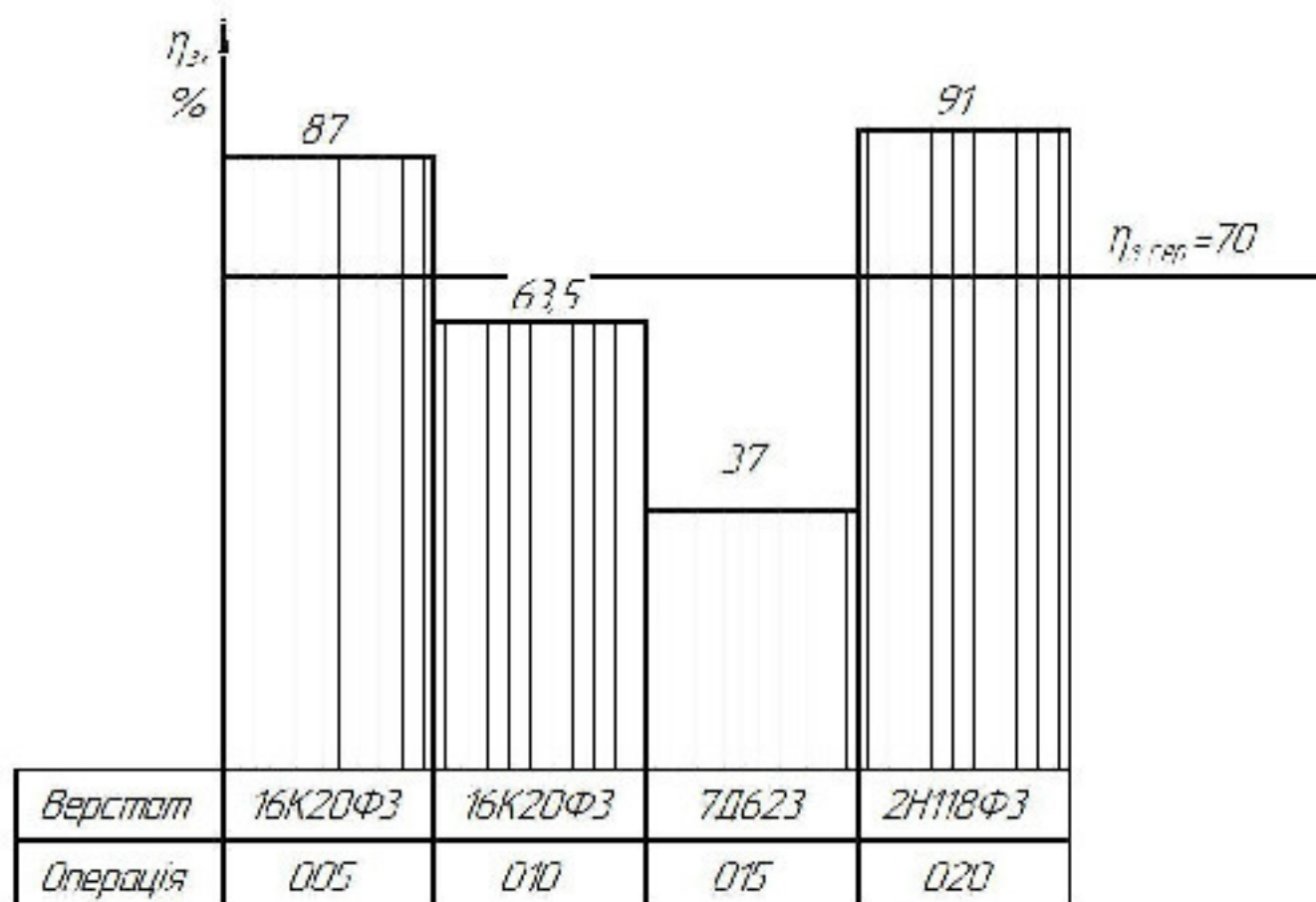


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

Як видно із наведеного графіка, всі верстати є завантаженими, окрім протягувального верстата. Тому його можна довантажувати обробкою інших деталей, що випускаються на даному підприємстві.

Графік використання обладнання по основному часу, зображений на рис. 3.2.

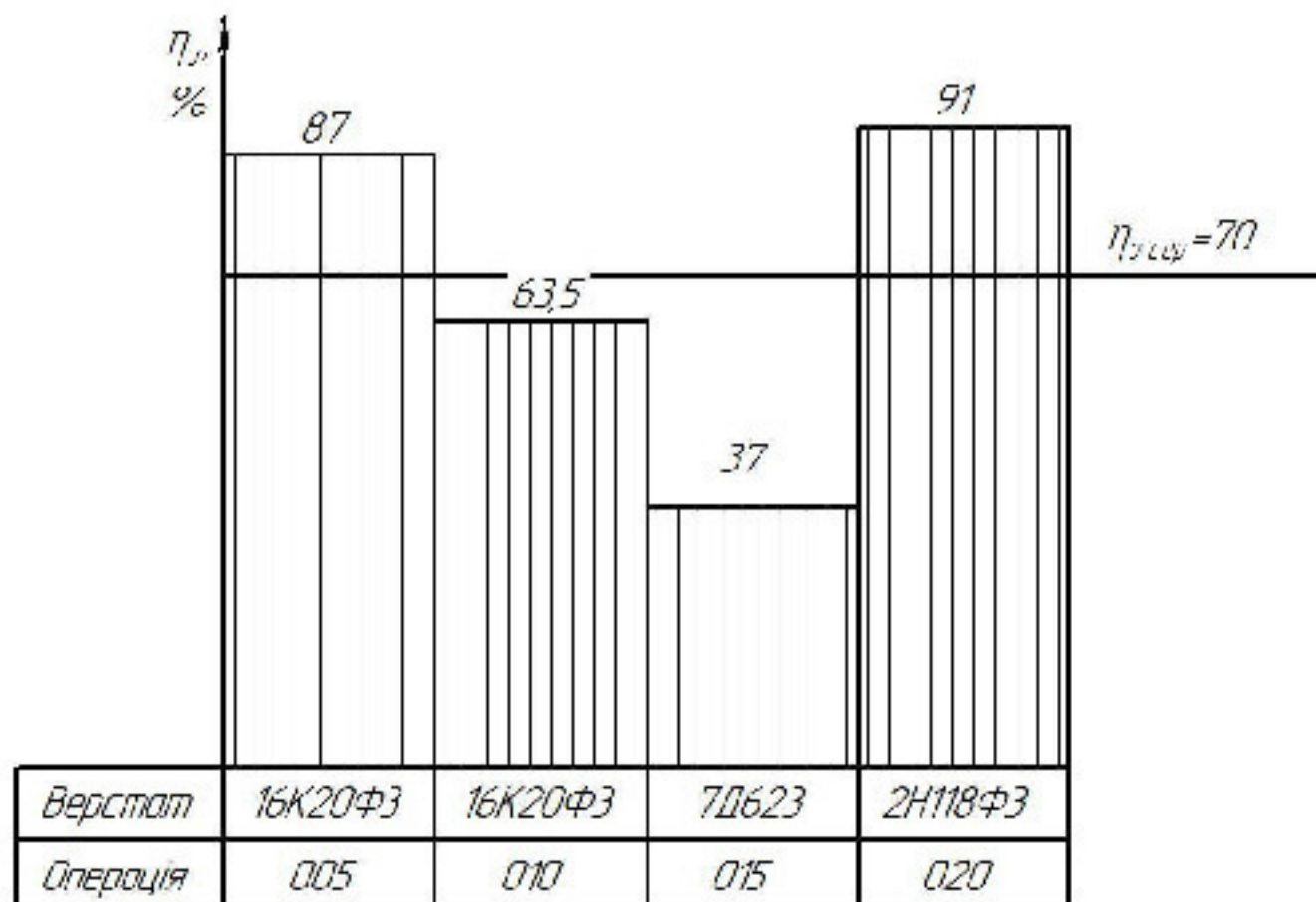


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Графік використання обладнання за основним часом свідчить, що все обладнання має досить високий коефіцієнт використання основного часу. Нижчий він на протягувальному верстаті, верстат вимагає більших витрат допоміжного та часу на технічне і організаційне обслуговування.

Отже, при виконанні технологічного процесу час використовується раціонально, про що свідчить високий коефіцієнт використання основного часу на більшості операцій, що підтверджує раціональну побудову операцій.

3.4 Розрахунок кількості робітників на дільниці

Кількість робітників-верстатників бути підрахована за формулою [2, 18]:

$$P = \frac{C_{np} \cdot \Phi_d \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_e \cdot K_z}, \quad (3.10)$$

де C_{np} – прийнята кількість верстатів, шт.;

Φ_d – дійсний фонд роботи верстата, год.;

η_z – коефіцієнт завантаження;

η_o – коефіцієнт використання за основним часом;

Φ_e – ефективний річний фонд роботи верстатника, год.;

K_z – коефіцієнт багатостаночного обслуговування.

Наприклад для роботи операції 005 на токарному верстаті з ЧПК 16K20Ф3 необхідно:

$$P = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,87 \cdot 0,79}{1840 \cdot 1} = 1,45. \quad \text{Приймаємо 2 верстати.}$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1520 год. (тривалість робочої неділі – 46 год., основної відпустки – 36 днів).

Отже, для виконання заданого обсягу роботи потрібно 2 робітники.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Кількість робітників-верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, C_{np}	Φ_d , год.	K_z	K_m	P, чол.	P_{pr} , чол.
Токарний з ЧПК	1	3890	0,87	1	1,45	2
Токарний з ЧПК	2	3890	0,635	1	1,27	2
Протягувальний	1	4060	0,37	1	0,46	1
Свердлильний з ЧПК	1	3890	0,91	1	1,72	2

Так як, на операціях 010, 015 робітники повністю не завантажені, то вони можуть виконувати обробку інших деталей.

Згідно наведених розрахунків сума всіх основних робочих – 7 чол.

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{др} = (0,2...0,25) \cdot 7 = 1,4...1,75.$$

Приймаємо 2 допоміжних робітників.

Кількість ІТР:

$$P_{ІТР} = (0,21...0,15) \cdot 7 = 1,05...0,75.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР.

Кількість службовців:

$$P_{СКП} = (0,006...0,016) \cdot 7 = 0,042...0,112.$$

Приймаємо 1 чол., але очевидно це буде працівник механічного цеху, який буде працювати на декількох дільницях механічної обробки.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу:

$$P_{МОП} = (0,001...0,002) \cdot (7+2+1+1) = 0,11...0,22.$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу, оскільки він є не завантаженим, то він буде працювати і на інших дільницях механічної обробки.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість	I зміна	II зміна
Основні робітники-верстатники	розрахунок	7	7	4	3
Допоміжні робітники	20...25%	1,4...1,75	2	1	1
ІТР	22...16%	0,75...1,05	1	1	-
СКП	0,6...1,6%	0,042...0,112	1	1	-
МОП	1...2%	0,11...0,22	1	1	-

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

В роботі розглядається приміщення в якому виконується технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008» може мати шкідливі фізичні небезпечні виробничі чинники, а саме:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена швидкість руху повітря;
- понижена вологість повітря,
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти крізь тіло людини;
- підвищений рівень вібрації;
- нестача природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони.

До небезпечних виробничих факторів відносяться: небезпека ураження людини електричним струмом напругою 220/380 В; використання несправного інструменту; опіки від розігрітих частин обладнання.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Робочі місця не слід розміщувати поблизу силових кабелів і вводів, високовольтних трансформаторів, технологічного обладнання, що створює перешкоди у роботі.

Оскільки повинно подаватися стабілізоване електроживлення (з відхиленням від 220 В не більше -10 % +15 %), подачу електроенергії в комп'ютерні приміщення слід здійснювати від окремого незалежного джерела живлення.

Згідно з вимогами ПУЕ корпуси розподільчих (вступних) щитів в будівлях, спорудах, квартирах повинні бути занулені і заземлені; на вводі в будинок повинна виконуватися система зрівнювання потенціалів.

Правила поведінки на робочому місці:

Робітник повинен знати:

- особливо пожежонебезпечні ділянки, а також спеціальні місця для паління. Курити на території строго ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ;
- місця розташування пожежної сигналізації та правила користування нею (телефон, ел. оповіщувачі, сигналізація тощо);
- місце, де знаходяться первинні засоби пожежегасіння (внутрішні крани, шухляди з піском і лопатами, вогнегасники, азбестова полотнона тощо);
- правила користування засобами пожежогасіння й інвентарем у кожному конкретному випадку (загоряння олії, гасу, дерева, папера, електропроводки тощо).

4.1.2 Електробезпека

Представлена зона по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень. Тут існує струмопровідна підлога і можливе одночасне торкання оператором до заземлених механізмів та металевих корпусів електрообладнання. До електрообладнання висувуються наступні вимоги:

- необхідність занулення, що запобігає ураженню електричним струмом оператора Згідно „ПУЕ” занулення являється ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання 3-х фазних і 4-х провідних мереж (220/380) з глухо заземленою нейтраллю живильного трансформатора напругою до 1000 В;
- в електричній схемі обладнання має бути передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги в мережі живлення.

Виробниче обладнання повинне забезпечуватись засобами аварійної сигналізації. Органи управління повинні забезпечувати надійність пусків і швидкість зупинки, але мають бути простими в користуванні, оператор не повинен прикладати великих зусиль для їх переміщення. Також органи керування повинні бути відповідним чином марковані, або мати відповідні написи.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт IIa – середньої важкості. Вони пов'язані з процесами механічної обробки деталей. Роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року визначає [19]. Допустимі параметри мікроклімату приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт по важкості	Температура °C	Відносна вологість %	Швидкість повітря м/с
		Допустима	Допустима	Допустима
Холодний	Середня II a	17-23	75	<0,3
Теплий	Середня II a	18-27	65 при 26°	0,2-0,4

Інтенсивність теплового випромінювання на працюючих визначається нагрітими поверхнями технологічного обладнання, освітлювальними пристроями. Інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинні перевищувати 36 Вт/м^2 при опроміненні більше 25% поверхні тіла.

Забезпечення метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції та регулярного провітрювання.

Шкідливі речовини, які виділяються на дільниці показані в табл. 4.2. Це в основному речовини, які містяться в відпрацьованих газах [20].

Таблиця 4.2 – Шкідливі речовини та їх ГДК

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливість дії на організм
Акролеїн	0.2	П	II	
Азоту окис (NO ₂)	5	П	III	0
Бенз(а)пирен	0.0001	П	I	К
Окис вуглецю (CO)	20	П	IV	0
Свинець та його сполуки	0.01/0.005	A	I	
Тетраетилсвинець	0.005	П	I	0

Для захисту від шкідливих речовин, які знаходяться в повітрі робочої зони діагностування застосовують такі заходи:

- обладнання приміщення дільниці загально-обмінною припливно-витяжною механічною вентиляцією;
- обладнання постів діагностування автомобілів місцевими відсмоктувачами відпрацьованих газів;
- спеціальна підготовка та інструктаж обслуговуючого персоналу;
- своєчасний якісний ремонт вентиляційного обладнання;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту працюючих (спецодяг, захисні окуляри, тощо);
- попереджувальні та періодичні медичні огляди, профілактичне харчування і дотримання правил особистої гігієни.

4.2.2 Освітлення

Приміщення в якому виконується технологічний процес механічної обробки має природне і штучне освітлення.

Природне освітлення здійснюється через вікна, орієнтовані переважно на північ і північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не

нижче 1,2% у зонах зі стійким сніжним покривом і не нижче 1,5% на іншій території.

Згідно з [21] розряд зорової роботи IV а. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На ділянці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	а	малий	300	1,5

У виробничих приміщеннях, особливо в зимовий період, коли світловий день досить короткий, природнього освітлення недостатньо, тому використовуємо штучне освітлення (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Вибір освітлювального пристрою

Тип світильника	Кососвітло емальоване
Світло розподілення	Несиметричне
Потужність лампи, Вт	До 200
ККД	0,6
Найменша висота підвіски	Будь-яка
Рекомендації по використанню світильників	Для освітлення вертикальних поверхонь пультів управління та інших приладів

4.2.3 Шум

Основним джерелом шуму у приміщеннях є верстати, вентиляційна система, трансформатори, випрямлячі та інше обладнання.

Характеристикою такого шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньо-геометричними частотами 31.5: 63: 125: 250: 500: 1000; 2000: 4000 та 8000 Гц. Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами [22] і наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Робоче місце	Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами								
	31,5	63	125	250	500	1000;	2000	4000	8000
Виробниче	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Рівень звукового тиску на робочих місцях постійний, але при необхідності виконання деяких непостійних робіт (вибухові та ремонтні), рівень звуку може змінюватись.

Для зменшення рівня шуму до допустимого застосовують малOSHUMні установки, оснащення машин і установок засобами дистанційного керування і тиску в даному виробничому приміщенні при постійному шумі (дБА).

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерела шуму проводять акустичну обробку

4.2.4 Вібрації

Джерелами вібрацій є інструмент, що працює, електродвигуни, вентилятори. Джерелом збудження вібрацій є зворотньо-поступальний рух системи, неврiвноваженої маси.

Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [23]. Основними гігієнічними характеристиками вібрації, які визначають вплив на людину, є середньоквадратичні значення віброшвидкості чи її логарифми. Систематична дія вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини, стає причиною вібраційної хвороби. Загальна вібрація діє на нервову, серцево-судинну систему, порушується обмін речовин; виникає головний біль, порушується сон, знижується продуктивність праці.

З метою виключення можливості виникнення віброхвороби обмежують параметри вібрації робочих місць і поверхні контакту працюючих

Допустимі значення нормованих вібрацій на постійних робочих місцях в даному виробничому приміщенні приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

Види вібрацій	Октавні смуга з середньо-геометричними частотами, Гц				
	2	4	8	16	31,5
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	1,3/108	0,45/99	0,22/93	0,2/92	0,2/92

Заходи боротьби: динамічне гасіння коливань і зміна конструктивних елементів установки.

Безпечність дії вібрації досягається вибором таких кінематичних і технологічних схем, при яких динамічні процеси, які викликані поштовхами, різкими прискореннями, будуть виключені чи гранично знижені. Динамічне гасіння вібрації відбувається частіше всього шляхом розміщення установок на фундаменті, масу яких визначають з розрахунку, щоб амплітуда коливань не перевищувала 0,1-0,2 (мм).

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Приміщення механічної ділянки відносять до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані. Будівля характеризується III ступенем

вогнестійкості згідно [27]. До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. При цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці. Межі вогнестійкості занесені у таблицю 8. У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Біля входу на станцію необхідно встановити 1 порошковий вогнегасник ВП-5. На території підприємства розташовано 3 пожежних щита, до комплексу засобів пожежегасіння, які розміщені на ньому, включені: вогнегасники ВП-5 – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2 м х 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт. Ящик для піску має місткість 1,0 м³ та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Таблиця 4.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них згідно [27]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
III	1/0	0,5/0	0,2/40	0,2/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

ВИСНОВКИ

Бакалаврська дипломна робота виконана з урахуванням сучасних напрямків розвитку технології машинобудівного виробництва з використанням прогресивного, автоматизованого обладнання, інструментів, комп'ютерних прикладних програм.

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Шків 028.КП.01.008». При цьому згідно заданої програми випуску розрахункового представника визначено тип та форму організації виробництва, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку отвору, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму. Встановлено кількість працюючих, які забезпечать роботу верстатів на дільниці механічної обробки деталі типу «Шків 028.КП.01.008».

Розроблені заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки заданої деталі.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки заготовки деталі, схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу, карта налагоджень на одну операцію та графіки завантаження верстатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
4. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927.
5. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
7. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
8. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

9. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В., Дусанюк С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
10. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. 77 с.
11. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
12. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
13. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
16. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.
18. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL : <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
20. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.

21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.
22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
23. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
24. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL : https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.
25. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL : <https://dwg.ru/dnl/15125>.
26. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL : http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.
27. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL : https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Шків 028.КП.01.008»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 93,7 Схожість 6,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку (підпис) Лозінський Д. О.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

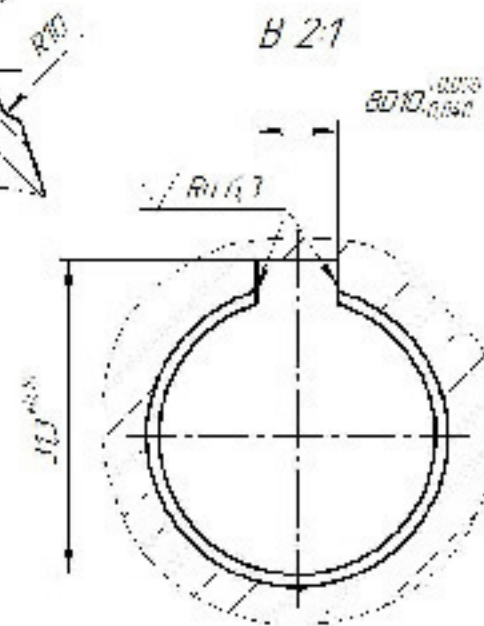
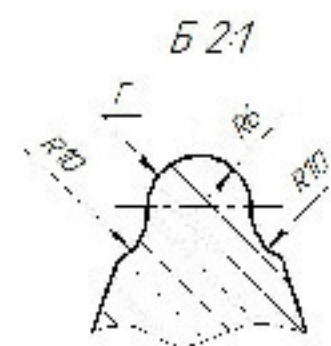
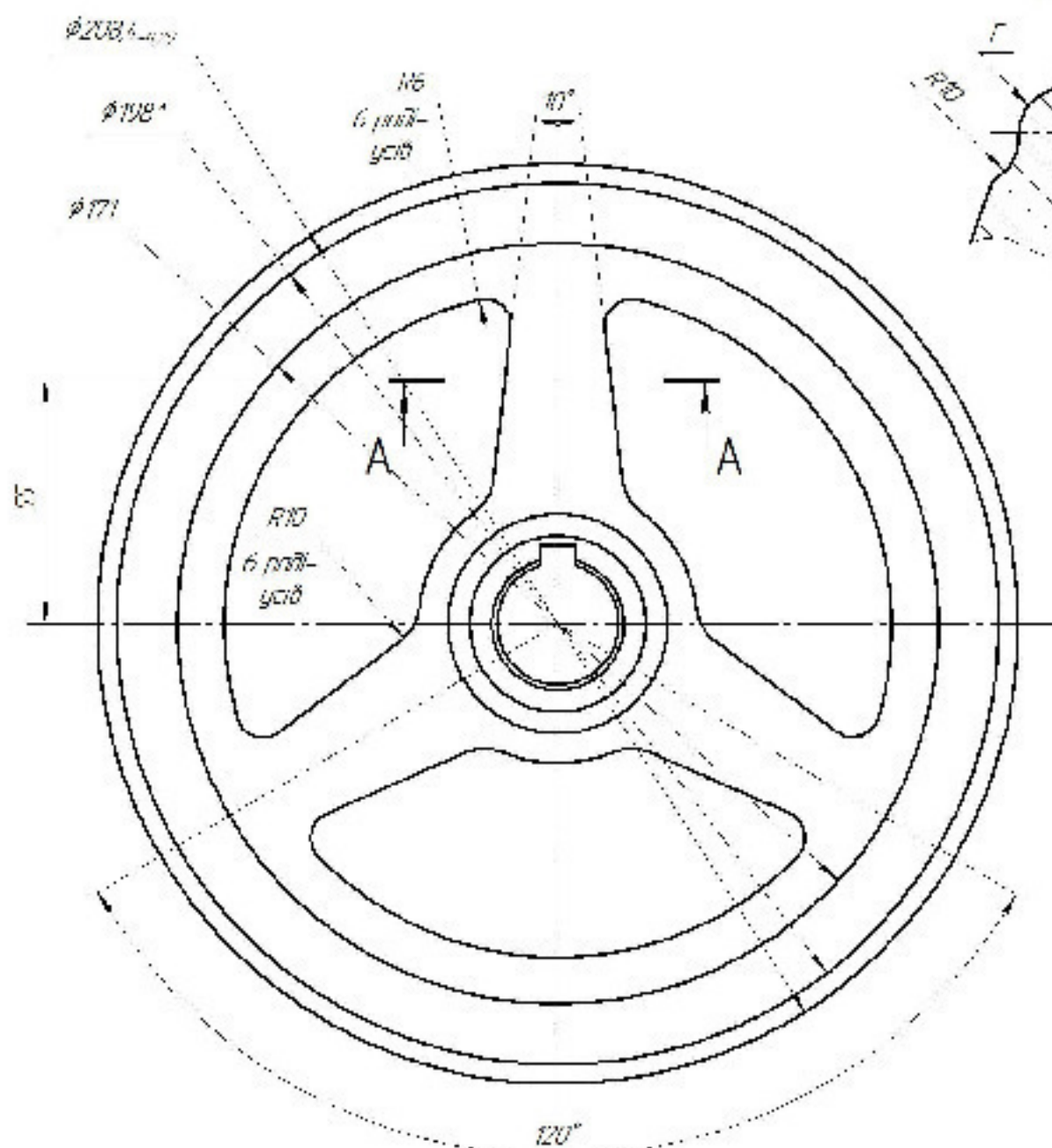
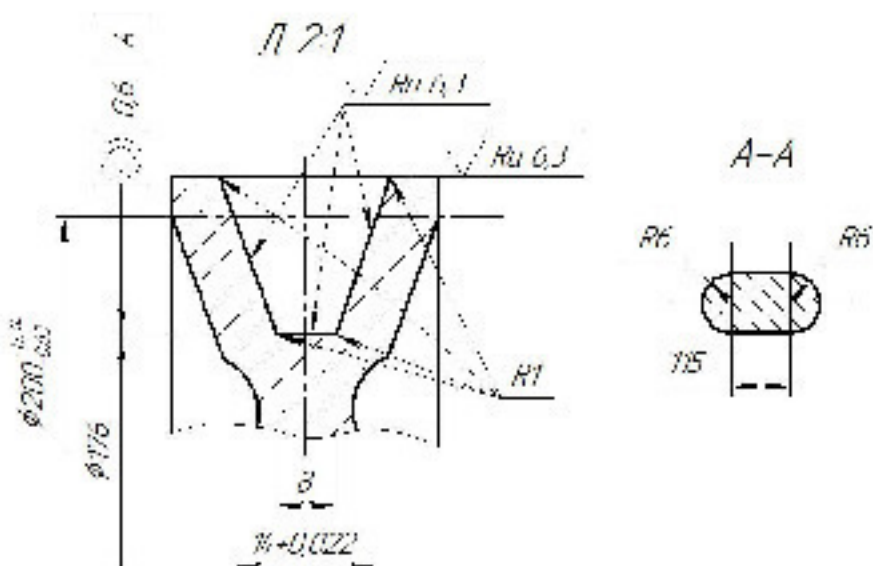
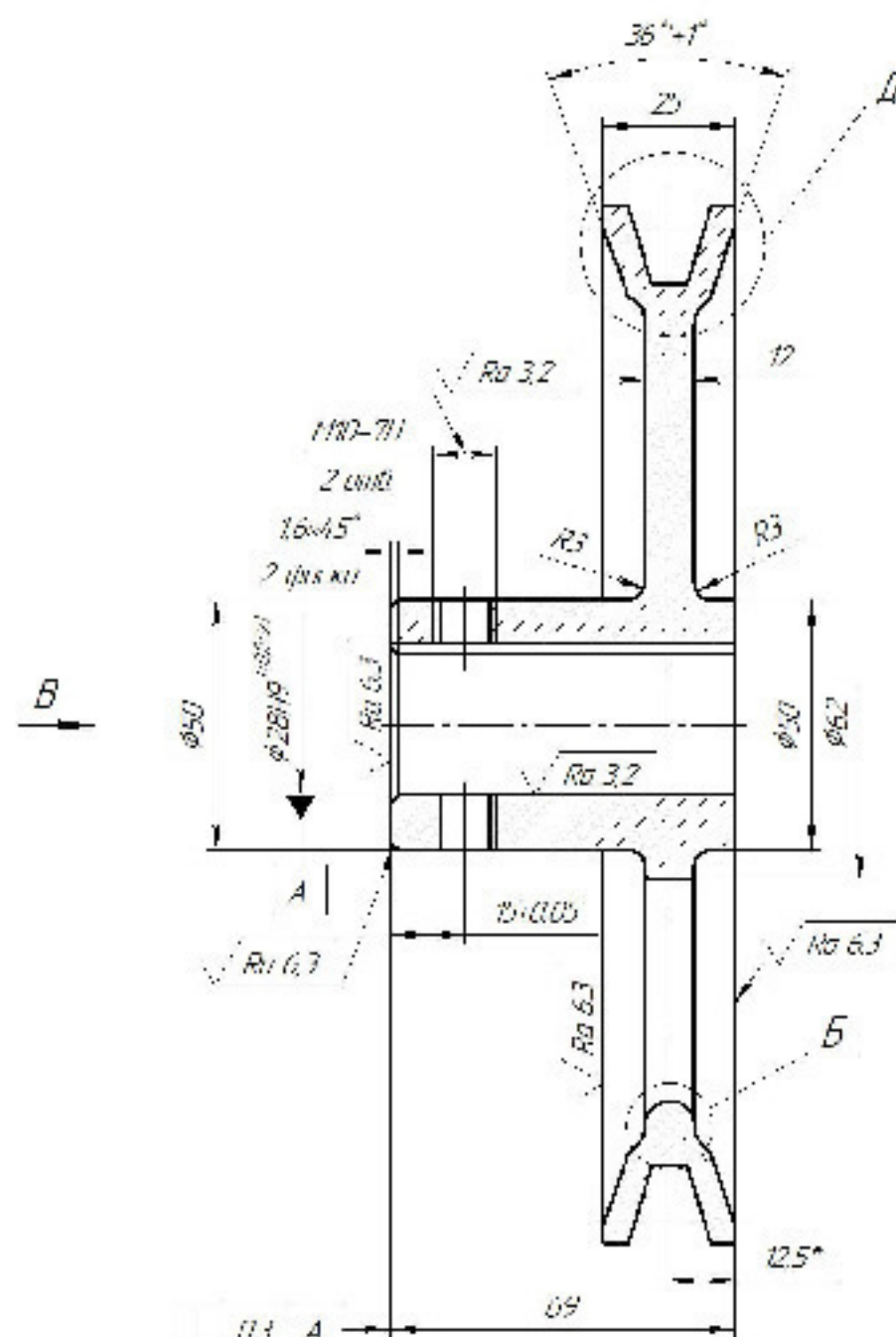
Автор роботи (підпис) Баландюк А. І.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи (підпис) Семічаснова Н. С.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ШКІВ 028.КП.01.008»



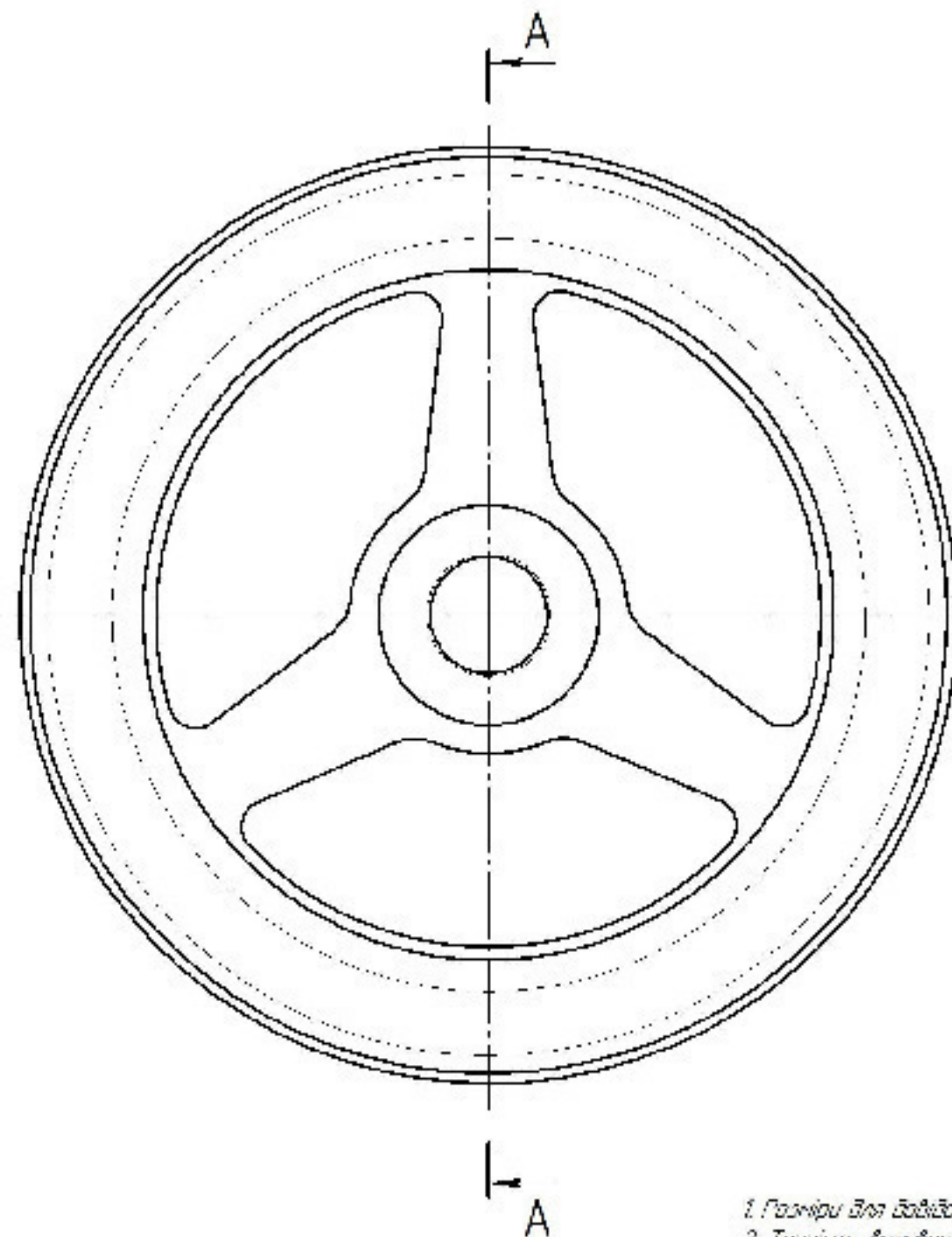
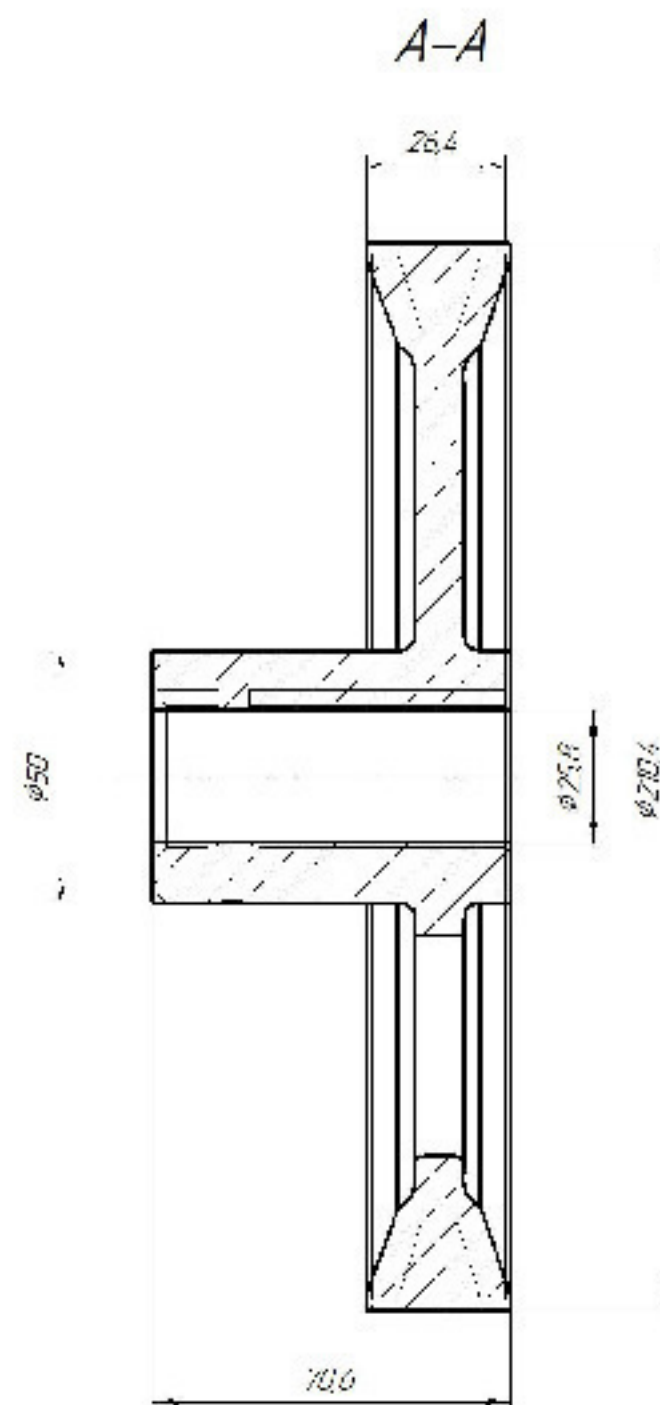
1. Штанги для обработки.
2. Точилки шлифовки 6-4-6-6 ГОСТ 26645-85. Эл. 0.3к.
3. Напильники ленточные шириной 1.Г30.
4. Напильники ленточные шириной 6 мм.
5. На поверхности, кроме рабочих канавок, шероховатость должна быть не более 1 мкм, глубина канавки не более 3 мкм, шаг канавки не более 79 мкм.

6. Напильники шлифовальные для обработки поверхностей по H16; H14; $\pm IT11/2$.
7. Штанги для шлифовки поверхностей для шлифовки поверхностей по поверхности 1 шлифовка не более 4 мкм, диаметр не более 5 мм. В. и. и. Т.Т. по ГОСТ 20389-88.
8. Покрытие рабочих поверхностей - эмаль ПЦ-112 II, жидкая ГОСТ 6631 74.

08-64.БДР.003.00.001				Шкв			Лист	Рисун	Рисун
028.КП.01008				2545			1:1		
АЛ-9 ГОСТ 2665-75				ВНТЛ			Ст. зр. ТМ 203		
Корпус				Корпус					

Шків
(3D-модель)

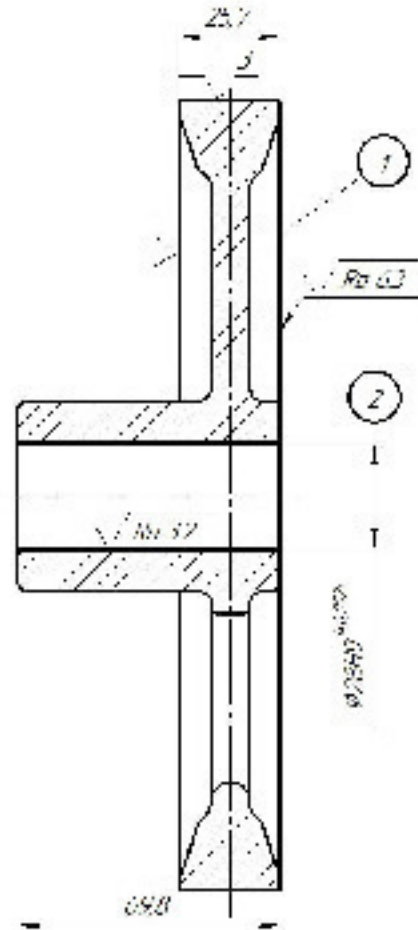
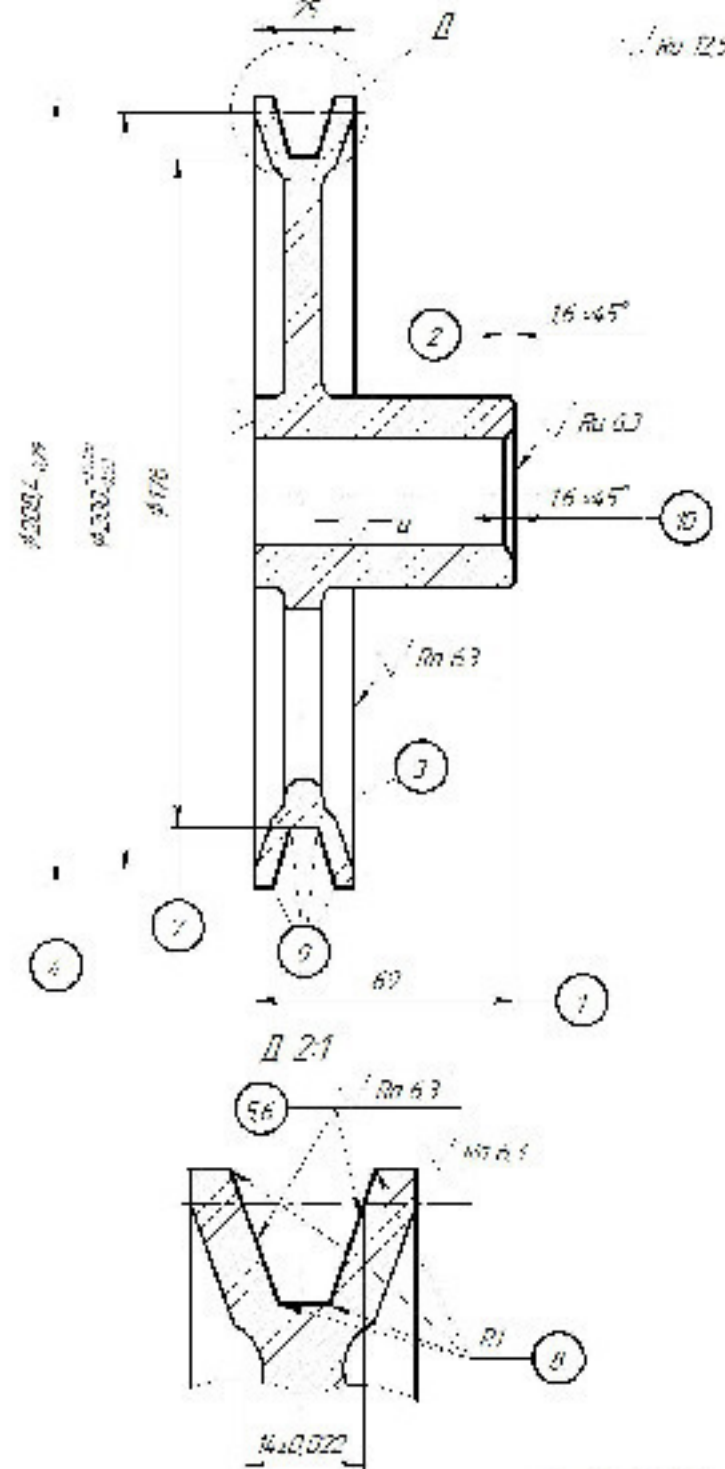




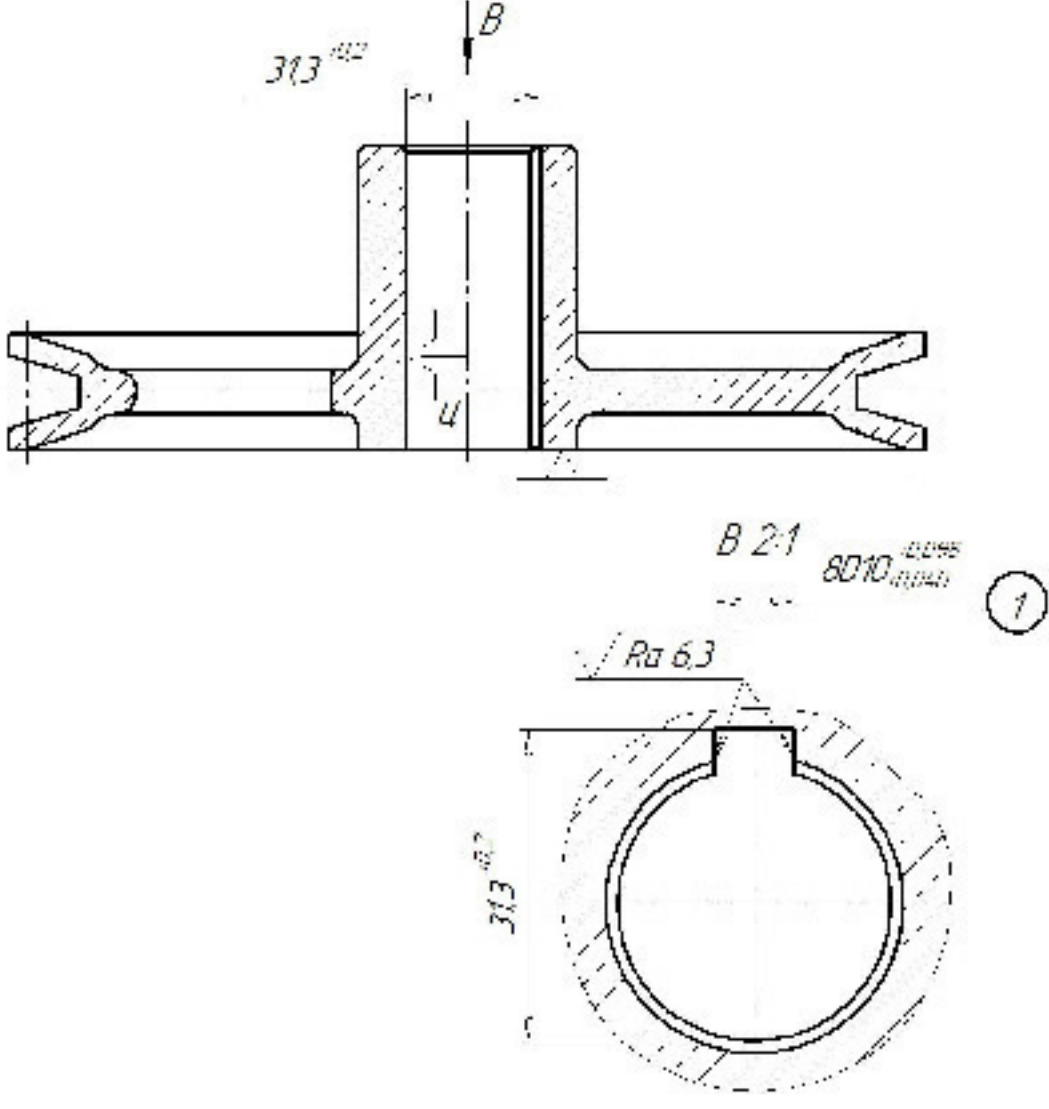
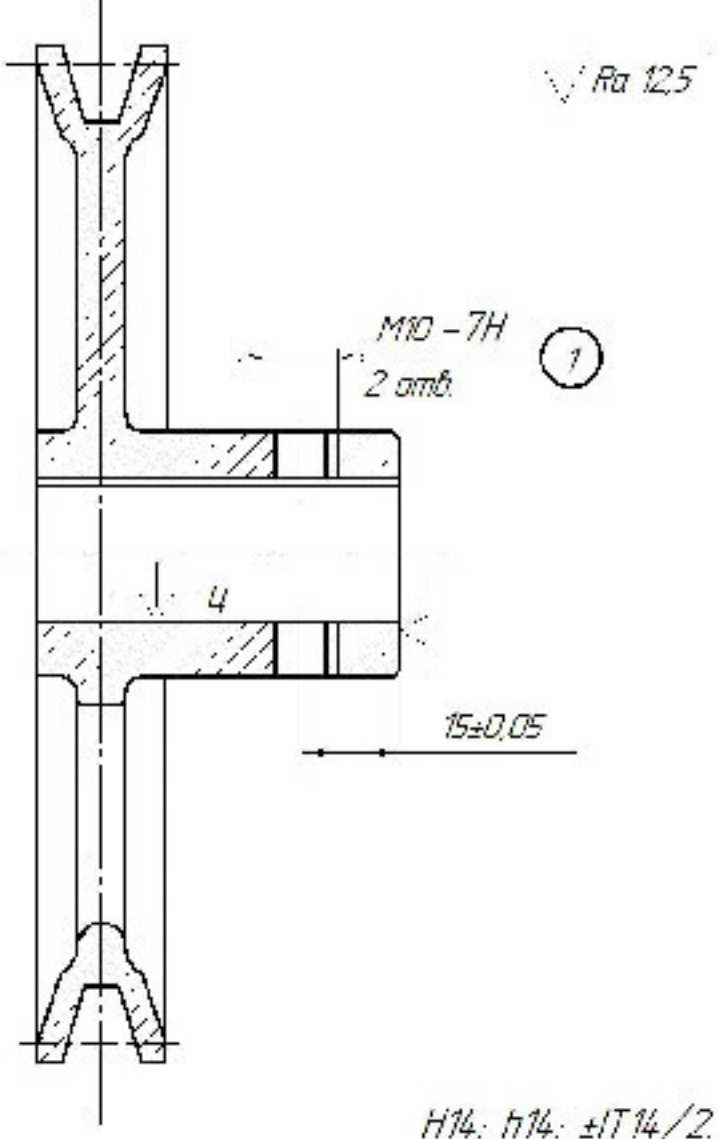
1. Розміри дані в дільцях *.
2. Точні ум. вимірювання 6-4-6-6 ГОСТ 26645-85. Зм. 0,36.
3. Невказані лінійні нахили 1:30°.
4. Невказані лінійні радіуси в мм.
5. Шліфуються поверхні, шліфують $\Phi 0,6$ мм на ширині 0,6 мм.

					08-64.БДР.003.00.002				
					Шків (вулиця в копію)		Лист	Листа	Листов
									119
Вид	Деталь	ІФ Деталь	Лист	Лист	АЛ-9 ГОСТ 2665-75		Лист		Листов
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							
Вид	Деталь	ІФ Деталь							

Маршрут механічної обробки

№ п.п.	Назва операції, зміст переходу	Ескіз обробки, схема установки	Обладна- ння
005	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити пов. 1 однократно. 3. Розточити отвір 2 однократно в розмір $\Phi 27,6$. 4. Розвернути отвір 2 в розмір згідно ескіза. 5. Зняти заготовку.	 1:1, 1:1, 1:1/2	Токарний з ЧПК 16K2043
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4 однократно, витримуючи розміри згідно ескіза. 3. Точити пов. 5, 6, 7, 8, 9 однократно, витримуючи розміри згідно ескіза. 4. Зенкувати фаску 10 в розмір згідно ескіза. 5. Зняти заготовку.	 1:1, 1:1, 1:1/2	Токарний з ЧПК 16K2043

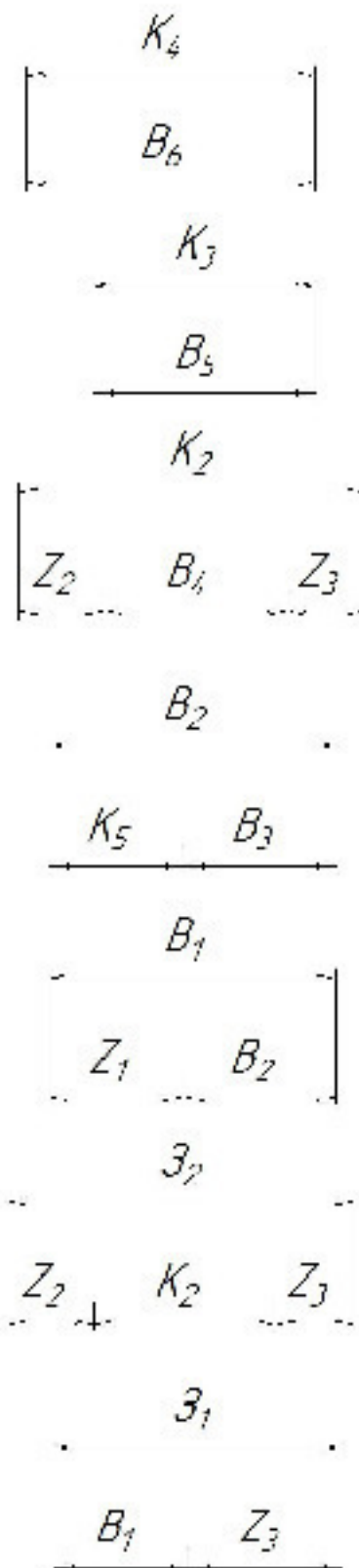
Маршрут механічної обробки (продовження)

№ п.п.	Назва операції, зміст переходу	Ескіз обробки, схема установки	Обладна- ння
015	<u>Протяжна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти заготовку.		Вертикально протягувальний верстат 7Д623
020	<u>Свердлильна з ЧПК</u> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати отвір 1. 3. Свердлити отвір 1. 4. Нарізати різь М10-7Н в отворі 1. 5. Зняти заготовку.	 H14; h14; ±IT 14/2.	Свердильний з ЧПК 2Н118Ф3

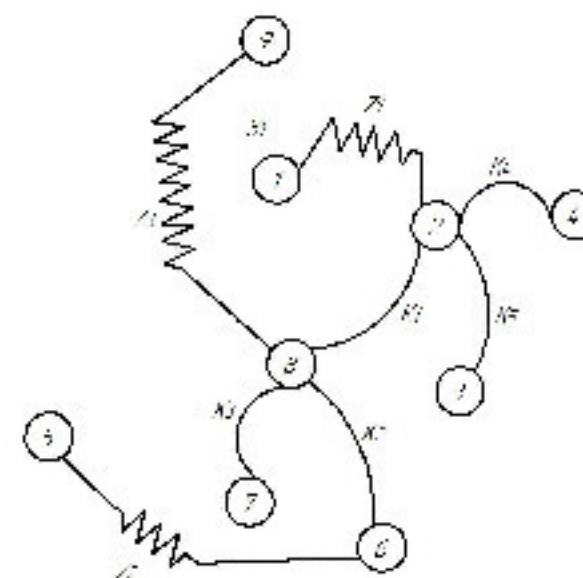
Розмірний аналіз технологічного процесу

ОПР. (визначення) 1-48 К

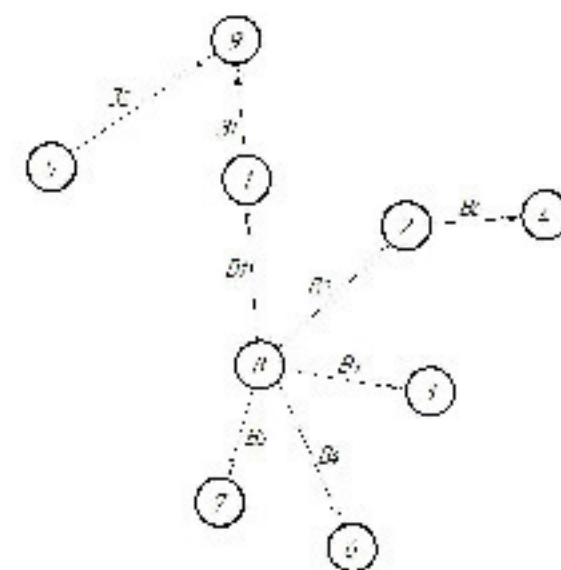
$$\begin{aligned} K_1 &= 69_{-0,74}^{+0,74} \text{ мм} \\ K_2 &= 25_{-0,52}^{+0,52} \text{ мм} \\ K_3 &= 12,5 \pm 0,215 \text{ мм} \\ K_4 &= 15 \pm 0,05 \text{ мм} \\ K_5 &= 1,6_{-0,25}^{+0,25} \text{ мм} \end{aligned}$$



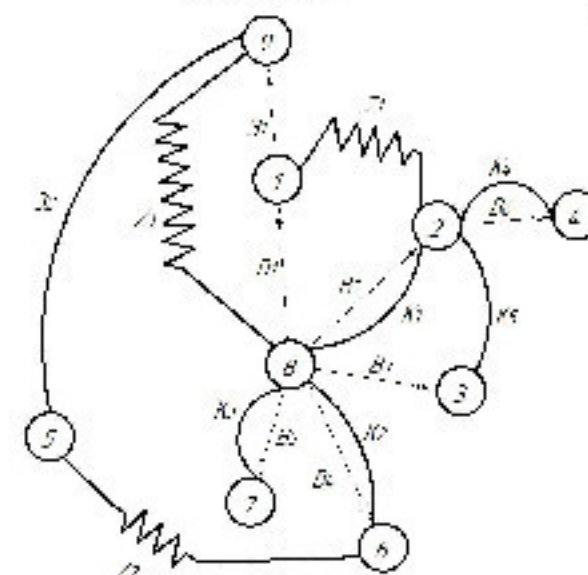
Розмірний аналіз процесу



Розмірний аналіз процесу



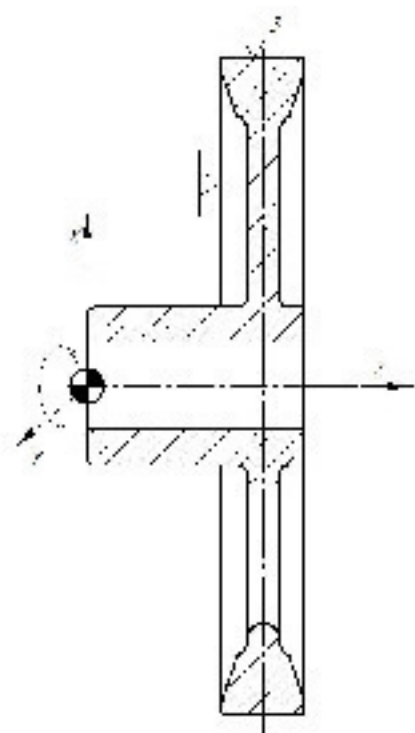
Спрощений граф



Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланок

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_6 - K_2 = 0$	$B_6 - K_2$	B_6
2	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 - K_3$	B_4
3	$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 - K_1$	B_2
4	$B_2 - B_3 - K_5 = 0$	$B_3 - B_2 - K_5$	B_3
5	$B_1 - Z_1 - B_5 = 0$	$B_1 - B_5 - Z_1$	B_1
6	$-Z_3 - Z_2 - B_1 = 0$	$Z_1 - B_1 - Z_3$	Z_1
7	$Z_2 - Z_3 - K_2 - Z_3 = 0$	$Z_2 - Z_3 - K_2 - Z_3$	Z_2
8			

1 перехід

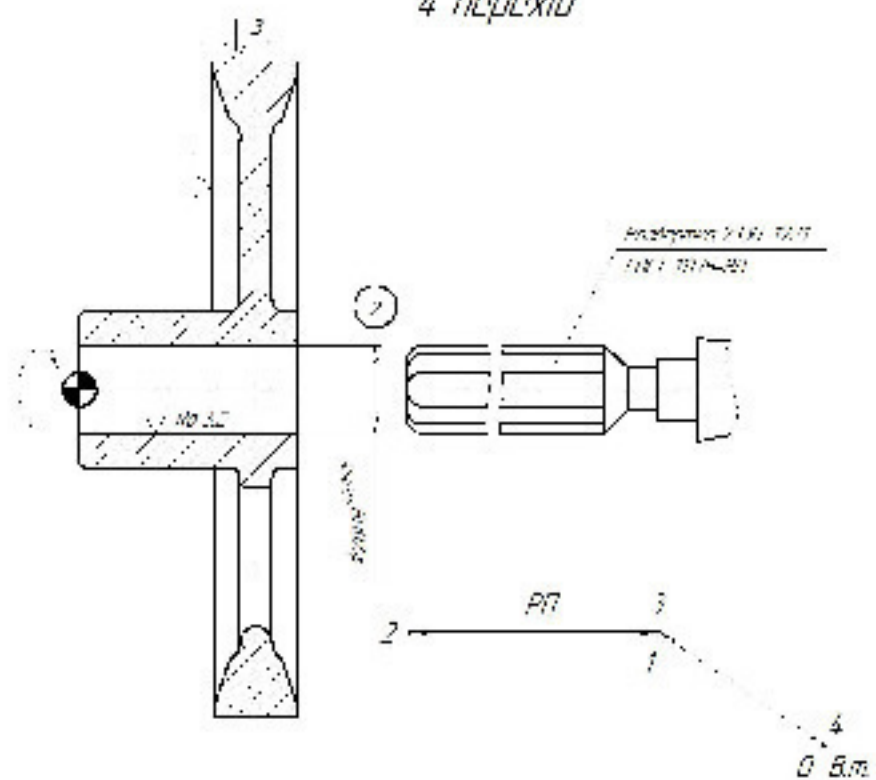


Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing a side view and a detail view. The side view shows a vertical plate with a horizontal flange at the top and a horizontal flange at the bottom. The top flange has a circular hole. The bottom flange has a circular hole. The vertical plate has a circular hole. The detail view shows a cross-section of the vertical plate with a circular hole. The drawing includes dimensions and labels in Russian.

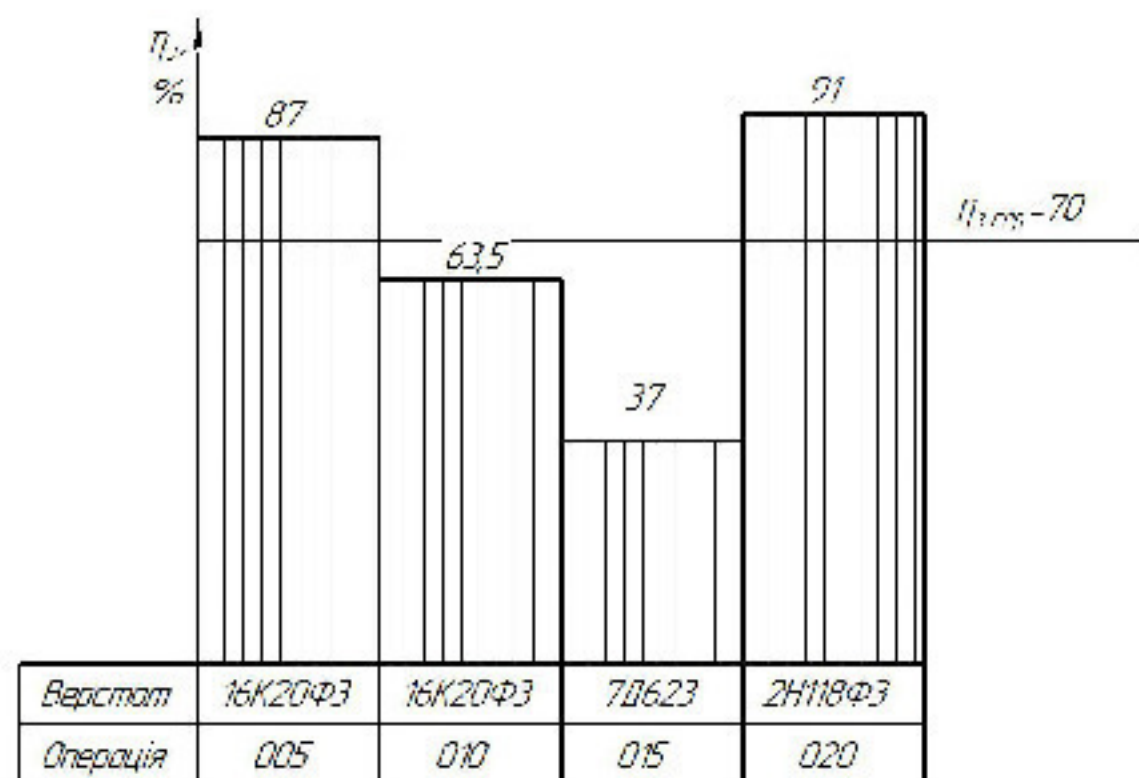
Dimensions and labels:

- Top flange: $R_1 6.3$
- Bottom flange: $R_2 6.3$
- Vertical plate: $R_3 6.3$
- Detail view: $R_4 6.3$
- Labels: $R_1 6.3$, $R_2 6.3$, $R_3 6.3$, $R_4 6.3$
- Material: $100, 60, 100, 60$
- Part number: $100, 60, 100, 60$
- Manufacturer: $100, 60, 100, 60$
- Address: $100, 60, 100, 60$

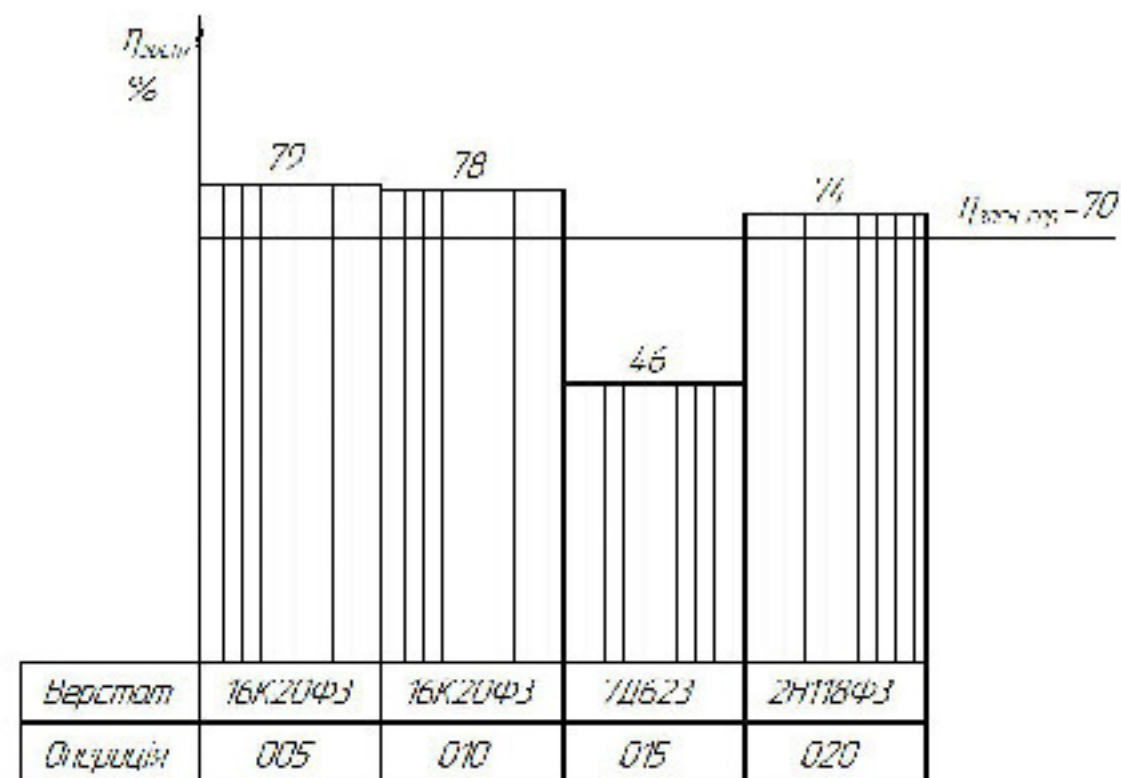
4 персид

[illegible]

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 1— Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість	I зміна	II зміна
Основні робітники-верстатники	розрахунок	7	7	4	3
Допоміжні робітники	20...25%	1,4...1,75	2	1	1
ІТР	22...16%	0,75...1,05	1	1	-
СКП	0,6...1,6%	0,042...0,112	1	1	-
МОП	1...2%	0,11...0,22	1	1	-